

**RIQUEZA, DIVERSIDAD Y ESTATUS DE LOS
ANFIBIOS AMENAZADOS EN EL SURESTE DE
MÉXICO; UNA EVALUACIÓN PARA DETERMINAR
LAS POSIBLES CAUSAS DE LA DECLINACIÓN DE SUS
POBLACIONES**

por:

Luís Antonio Muñoz Alonso
El Colegio de la Frontera Sur.
Departamento de Fauna Silvestre
Carretera Panamericana y Periférico Sur, s/n
Col. María Auxiliadora. Apartado Postal No. 63.
29290 San Cristóbal de las Casas, Chiapas. México.
Tel y Fax: (967) 6749000

Con Apoyo de:



Contenido

Introducción.....	4
Objetivos.....	8
Métodos y Técnicas.....	8
Obtención de datos	8
Compilación de registros de distribución de anfibios y reptiles.....	8
Áreas de mayor diversidad y riqueza de anfibios y áreas con mayor número de especies amenazadas.....	9
Identificación de quitridiomycosis en poblaciones de anfibios.....	9
Descripción del área de estudio.....	16
Fisiografía y geomorfología	17
Edafología.....	18
Hidrografía.	18
Clima	19
Flora y vegetación	20
Resultados.....	20
Generalidades de la diversidad y riqueza de los anfibios del sureste de México.....	21
Diversidad y riqueza taxonómica de los anfibios del sureste de México.....	22
Diversidad y riqueza por tipo de vegetación de los anfibios del sureste de México.....	22
Diversidad y riqueza por niveles altitudinales de los anfibios del sureste de México	24
Diversidad y riqueza y por tipos de clima de los anfibios del sureste de México.....	24
Diversidad y riqueza por regiones fisiográficas de los anfibios del sureste de México.....	25
Riqueza y diversidad de endemismos de los anfibios del Sureste de México.....	26

Distribución geográfica de la riqueza de anfibios del sureste de México	27
La quitridiomycosis en poblaciones de anfibios del sureste de México.	31
Sitios de alta riqueza de especies, estatus de las especies amenazadas, abundancias relativas y presencia de la quitridiomycosis en el sureste de México.....	39
Literatura Citada.	44

Introducción

En el mundo existen alrededor de 5,948 especies de anfibios, distribuidas en todos los ambientes terrestres y de agua dulce, pero ausentes en los hábitat más fríos o secos del planeta (Frost *et al.*, 2006). En América ocurren 241 especies en la región Neártica y 2,465 especies en el Neotrópico (Duellman, 1999); siendo esta última región la más rica y diversas del mundo. Entre ambas regiones se encuentra la anfibiofauna mesoamericana que consta de aproximadamente 598 taxa, repartidos en 63 géneros, 15 familias y 3 ordenes (Campbell, 1999). Dentro de mesoamérica tres países se distinguen por su alta riqueza de anfibios, el tercero de ellos es Panamá con 173 (Campbell, 1999), el segundo es Costa Rica con 178 especies (Savage, 2002) y el más rico y diverso es México, con 361 especies (Flores y Canseco, 2004). Las especies de México pertenecen a tres órdenes, 14 familias y 43 géneros, la familia más diversa es la Plethodontidae con 127 especies, seguido por la familia Hylidae con 112 taxa y por último la familia Leptodactylidae con 79 especies.

La diversidad de México se concentra sobre todo en el sureste de México, en especial en la zona definida por Johnson (1989) como la parte Noroeste de América Central Nuclear (Northwestern Nuclear Central América); donde se han reportado al menos 85 ranas, 25 salamandras y dos cecilias (en total 112 anfibios). Una gran proporción de las especies de esta región se caracterizan por ser endémicas o por presentan distribuciones restringidas a Chiapas y Guatemala.

En contraste a la alta riqueza de anfibios que presenta México, muchas de sus especies presentan problemas de conservación. Por ejemplo, la Norma Oficial Mexicana sobre la Protección Especies Nativas de México (NOM-059-ECOL-2001) considera que siete especies de anfibios están en peligro de extinción, 42 están amenazadas y 150 necesitan requerimientos de protección especial. En el mismo sentido, la IUCN (2006) reporta para México 204 especies de anfibios amenazados (74 en peligro crítico, 88 en peligro y 42 vulnerables) y 50 de ellas están distribuidas al este del Istmo de Tehuantepec (15 críticamente en peligro, 19 en peligro y 16 vulnerables). Además, esta organización menciona que la mayoría de las poblaciones de estas especies no se

encuentran estables y que posiblemente están declinando; 196 de las 204 especies amenazadas (IUCN, 2006).

Desde la década de los 80's, el tema de la disminución de las poblaciones de anfibios se ha considerado como una emergencia ecológica progresiva (Stebbins y Cohen 1995). A partir de esos años, numerosos estudios han aportado evidencia sobre las posibles causas que han provocado estas disminuciones (Lips 1998, Sarkar 1996, Heyer *et al.* 1988, Pounds *et al.* 1999, Stallard 2001). Al parecer la fragmentación del hábitat, factor tradicionalmente responsable de pérdida de biodiversidad, no es la única causa de la declinación (Middleton *et al.* 2001). Otros factores son el aumento de la Radiación Ultravioleta (Blaustein y Wake, 1995; Anzalone *et al.* 1998), el cambio del Ph del agua (Lizana y Pedraza, 1998), el cambio en la temperatura global (Díaz y Graham, 1996; Pounds *et al.* 1999; Still *et al.* 1999; Gibbs y Breisch, 2001; Blaustein *et al.* 2001;) y la presencia de enfermedades producidas por hongos y bacterias (Berger *et al.* 1998, Lips 1999).

Una de las causas principales de la disminución de poblaciones de anfibios es la emergencia de una enfermedad llamada quitridiomycosis, producida por el hongo *Batrachochytrium dendrobatidis* (**Bd**) (Carey *et al.* 2003, Berger *et al.* 1998, Lips 1999, Daszak *et al.* 1999, Longcore *et al.* 1999, Kiesecker *et al.* 2004, La marca *et al.* 2005). Según la hipótesis más parsimoniosa, la quitridiomycosis tuvo sus orígenes en África (Weldon *et al.* 2004) y de allí se ha distribuido a todo el mundo. En el continente Americano ha sido reportada en algunos sitios de Norteamérica (Green y Sherman 2001, Mutis *et al.* 2003), pero la mayoría de los reportes provienen principalmente del Centro y Sudamérica (Lips 2003a y 2003b, Ron y Merino-Viteri 2000, Bonaccorso *et al.* 2003).

Aunque se tienen reportes en varias partes del mundo, todavía no se tienen una idea clara de la distribución geográfica que ha alcanzado este patógeno. Ron (2005) estimó la distribución potencial de *Batrachochytrium dendrobatidis* utilizando modelos de nicho generados por Algoritmos Genéticos de Conjuntos de Reglas de Predicción, encontrando que las probabilidades más altas donde se podría distribuir el nicho del quitridio incluyen los hábitats y regiones que tienen las faunas de anfibios más diversas del mundo, entre ellas México y la región al este del Istmo de Tehuantepec. Sin embargo, para la parte norte de Centroamérica y México los reportes son escasos, solo se ha registrado en tres localidades en Baja Verapaz, Guatemala (Mendelson *et*

al. 2004), en Sonora, México (Rollins-Smith *et al.* 2002) y en Guerrero, México (Lips *et al.* 2004).

Según Ron (2005), el sureste de México es una de las regiones donde todos los modelos analizados concluyen que existe el nicho adecuado para que se desarrolle, o esté presente, el quitridio; para las tierras altas de Guatemala y Chiapas diez modelos predicen su presencia, con menos probabilidad están las zonas bajas de Chiapas y Tabasco (7-9 modelos) y sobre la planicie costera de Chiapas y Tabasco las probabilidades de la presencia del patógeno son bajas (< 6 modelos).

En esta región, no se ha comprobado que el quitridio esté presente, hay evidencia indirecta de la presencia del patógeno. En las tierras altas del norte de Chiapas, se encontró alta frecuencia de anomalías de las partes bucales en los renacuajos de *Ptychohyala macrotympanum* y *Plectrohyla ixil* (Quintero 2004), así como, la ausencia de cuatro especies de hilidos que históricamente habían sido registradas para la zona (Duellman 2001, Quintero 2004).

Además, se ha asociado la presencia del hongo *Batrachochytrium* en poblaciones de anuros donde existen alta frecuencia de malformaciones en las partes bucales de sus renacuajos (Fellers *et al.* 2001, Lips *et al.* 2004), esta relación se basa principalmente porque el hongo se alimenta de queratina (Daszak *et al.* 1999), a nivel histológico se ha encontrado en las células epidérmicas queratinizadas de la piel de los anfibios adultos y en pocos casos en las estructuras queratinizadas de las larvas, como son mandíbulas y líneas de dientes del disco oral (Berger *et al.* 1999 y 2000). Sin embargo no se ha realizado un estudio sistemático que confirme esta relación.

Aunque en casi todas las familias de anfibios se han reportado declinaciones en sus poblaciones, hay familias que se han visto más afectadas. Algunas por sobreexplotación, otras por pérdida de su hábitat y la mayoría por el cambio climático y enfermedades (Stuart, *et al.* 2004). Las poblaciones más afectadas han sido especies principalmente de las familias Bufonidae, Brachycephalidae y, Hylidae (Joglar y Burrows, 1996; Stuart *et al.*, 2004). Estos grupos taxonómicos se caracterizan por ser los anfibios más diversos del mundo.

La familia Bufonidae se compone por los llamados “sapos” y está conformada por 35 géneros y 505 especies (Frost, 2007), a excepción de Australia y Madagascar es un grupo ampliamente

distribuido en todo el mundo (Duellman, 1999; Frost, *et al.* 2006; Frost, 2007), su mayor diversidad se concentra en la región Neotropical donde se distribuyen 188 especies (Duellman, 1999). Por su parte, la familia Brachycephalidae está representada por 18 géneros y 827 especies (Frost, 2008), se distribuye casi exclusivamente en la región neotropical (Duellman, 1999; Frost, 2007). La familia Hylidae se compone por las llamadas ranas arborícolas que se caracterizan por poseer un elemento intercalar cartilaginoso entre las falanges penúltima y última (Cannatella *et al.*, 2005). Según Faivovich *et al.* (2005) y Duellman (2001), esta familia está compuesta por más de 870 especies distribuidas ampliamente por todo el mundo. La revisión sistemática de la familia, realizada con base a un análisis de las secuencias de ADN indica que los Hílidos están restringidos a las subfamilias Hyalinae, Pelodyadinae, y Phyllomedusinae (quedando excluida la subfamilia Hemiphractinae), siendo la subfamilia Hyalinae la más diversa con 590 especies (Faivovich *et al.* 2005).

Caso contrario, existen grupos taxonómicos poco afectados en sus poblaciones, sobre todo por aquellas denominadas “declinaciones enigmáticas”, y son la familia Microhylidae, Rhacophoridae y Petropedetidae, entre otras (Stuart, 2004). La familia Microhylidae se distribuye ampliamente en el mundo, su riqueza alcanza los 69 géneros y 432 especies, sin embargo, dentro de la región neotropical solo se distribuyen el 11 % de esa riqueza (45 especies) (Duellman, 1999; Frost, 2007). El grupo de los Rhacophoridae se distribuye en la parte tropical de África, en el sur de Asia y la región de las Filipinas (Frost, 2007), está constituida por 286 especies, la principal amenaza de estos anfibios es la destrucción de su hábitat. La otra familia (Petropedetidae), es un grupo poco representado en el mundo, existen sólo 16 especies y dos géneros, habita en África y en India (Frost, *et al.* 2006; Frost, 2007).

Considerando lo anterior y partiendo de la hipótesis que la declinación de las poblaciones de anfibios está ocurriendo en México, el presente trabajo tiene el propósito de evaluar el estatus de las poblaciones de anfibios del sureste de México, sobre todo de aquellas consideradas “En peligro” y “En peligro crítico” por la IUCN. Para ello nosotros verificaremos la ausencia o presencia de especies en sitios donde sólo han sido registradas por única vez, en sitios donde los registros tienen más de 25 años de antigüedad y en sitios que históricamente han sido considerados ricos en especies. Asimismo, analizaremos si el hongo *Batrachochytrium dendrobatidis* está presente en las poblaciones de anfibios distribuidas en la región de estudio.

Objetivos.

- Evaluar la riqueza y distribución de los anfibios en el sureste de México.
- Evaluar el status de las poblaciones de anfibios de la región a través de la verificación de la ausencia o presencia de las especies registradas en sitios ricos en especies, sitios donde sólo han sido registrados por única vez y sitios donde los registros tienen más de 25 años de antigüedad, en especial aquellas consideradas como “En peligro crítico” y “En Peligro” por la IUCN.
- Determinar si el hongo *Batrachochytrium dendrobatidis* está presente en las poblaciones de anfibios dentro de la región de estudio.
- Estimar si el patógeno *Batrachochytrium dendrobatidis* está presente en grupos de anuros taxonómicamente diferentes dentro del sureste de México o se presenta con mayor frecuencia al algún grupo.

Métodos y Técnicas.

Obtención de datos

La obtención de datos estuvo conformada por dos fases; la primera fue dirigida a realizar un diagnóstico general sobre el grado de conocimiento de los anfibios de la zona de estudio y un análisis general de la declinación de anfibios en México. La segunda fase se enfocó a recabar información de campo a través de un muestreo en 20 sitios dentro de los estados de Chiapas y Tabasco.

Compilación de registros de distribución de anfibios y reptiles

Para obtener la diversidad y riqueza de anfibios de la zona de estudio se compiló los registros de distribución de las diversas especies de anuros, urodelos y cecilias de la región, considerando: a) especímenes colectados y depositados en colecciones científicas y b) registros reportados en la literatura. Esta información se complementó con los resultados de 10 años de trabajo de campo

realizado por nuestro grupo de trabajo y con los registros obtenidos en el campo durante la duración de este proyecto.

Asimismo, revisamos la literatura que indicaba la posible declinación de poblaciones de anfibios en México, considerando los diversos factores de declinación, entre ellos los factores asociados a las declinaciones enigmáticas. De esta revisión obtuvimos las localidades y regiones donde se ha documentado la declinación de poblaciones de anfibios. Asimismo, a través de esta revisión se obtuvo una lista de las especies que han declinado y de los factores que se piensa generaron dicha declinación, también se incluyó en esta lista a las especies donde se ha registrado la presencia de *Bd*.

Áreas de mayor diversidad y riqueza de anfibios y áreas con mayor número de especies amenazadas

Para la localización de las áreas de mayor diversidad y riqueza, se generó una cobertura geográfica constituida por una retícula que dividió a la superficie de la zona de estudio en cuadrantes de 10 x 10 kilómetros. A partir de la sobreposición de los registros de distribución en esta cobertura de cuadrantes, se obtuvo las áreas en las que se ha registrado una mayor densidad de especies, expresada en términos del número total de especies por cuadrante. El mismo procedimiento se utilizó para localizar las zonas donde existen mayor número de especies amenazadas según la categorización de la IUNC (2006). Este método de cuadrantes (grid diversity), ha dado buenos resultados para obtener áreas con alta riqueza de especies. En México ha utilizado por Lee (1980) para la herpetofauna de la Península de Yucatán, por Flores (1991) para la herpetofauna endémica y por Arita *et al.* (1997) para los mamíferos.

Las áreas de mayor riqueza y las áreas con mayor número de especies amenazadas fueron utilizadas como un criterio adicional para detectar zonas de muestreo y como áreas prioritarias para su conservación (Brown, 1995; Nigh y Otero, 1992; Podolsky, 1995).

Identificación de quitridiomycosis en poblaciones de anfibios.

Para determinar la presencia del hongo *Batrachochytrium dendrobatidis* en el sureste de México. Se realizó un muestreo sistemático a lo largo de tres transectos al este del Istmo de Tehuantepec (Figura 1). El primero se estableció inmediatamente después del Istmo, el segundo en la parte

media y el último limitando con Guatemala y Campeche. En cada transecto se seleccionaron diversas localidades de muestreo.

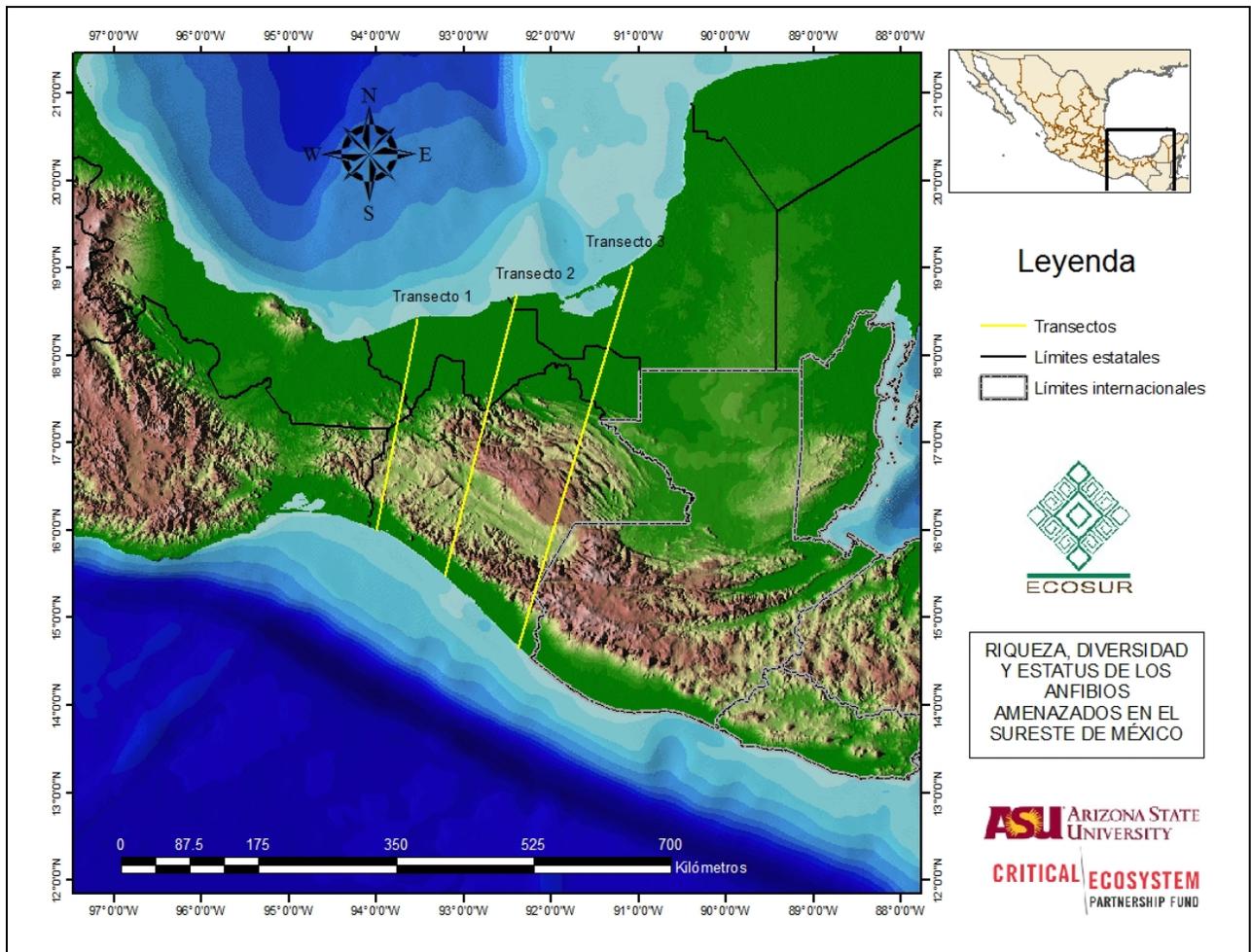


Figura 1. Zona de estudio indicando los transectos de muestreo.

Las localidades fueron seleccionadas con base en las zonas donde se ha registrado mayor cantidad de especies de anfibios. Los anfibios del sureste de México se distribuye en casi todos los hábitat y tipos de vegetación, su distribución altitudinal va desde los 0 hasta los 4000 m. Además, se distribuyen tanto en climas cálidos, semicálidos, semitemplados y templados. Asimismo, se distribuyen en todas las regiones fisiográficas de la zona. Otra característica de este grupo es que se reproducen en hábitat riparios permanentes o en zonas de humedales temporales, ya sea en zonas muy bien conservadas o en zonas altamente perturbadas.

Con esta información y con el análisis de la distribución de las especies por características ambientales y hábitat, se seleccionaron 21 localidades de muestreo. El número y nombre de las

localidades se observan en la figura 2; las especies que se pueden encontrar en esas localidades se enlistan en el cuadro 1. En el caso específico de la localidad 21 es una zona donde se han registrado solo nueve especies *Hyla walkeri*, *Plectrohyla acanthodes*, *Plectrohyla pycnochila*, *Incillus bocourti*, *Hypopachus barberi*, entre otras. Consideramos importante incluirla porque allí se distribuye la única representante del género *Hyla* (Familia Hylidae) y el único Microhilido de tierras altas, ambas especies son de distribución restringida y son las únicas especies de hilito y microhilidos de tierras altas que se reproduce en charcas de agua temporales (a diferencia de los otros hilitos de tierras altas que se reproducen en arroyos permanente).

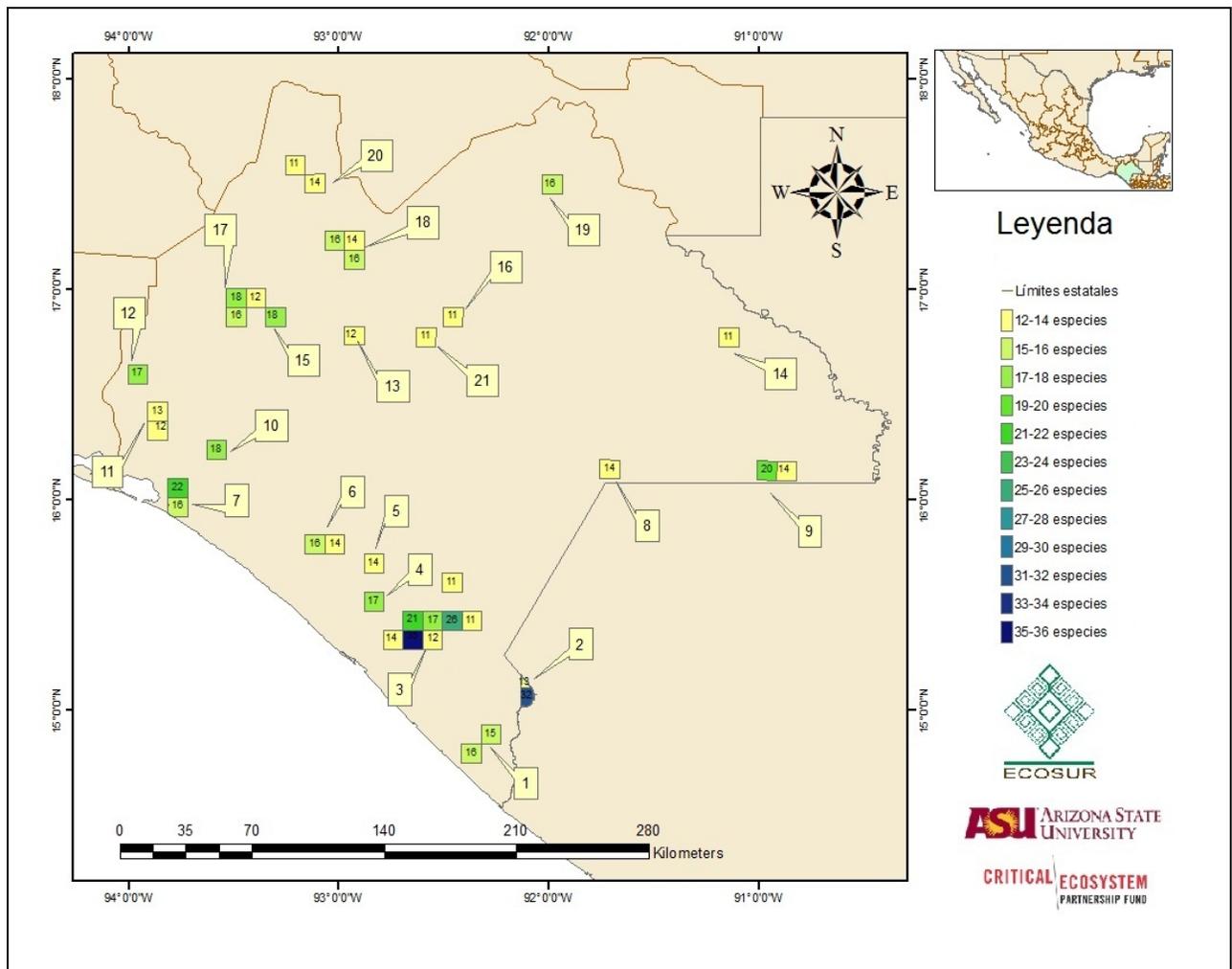


Figura 2. Localidades de muestreo. Indicando el número de especies que se registran en cada localidad. El nombre de las localidades se enlistan en el cuadro 2.

<i>Craugastor stuarti</i>								X							X		X				
<i>Craugastor taylori</i>																					
<i>Craugastor xucanebi</i>																					
<i>Eleutherodactylus pipilans</i>	X				X	X				X	X	X	X		X			X			
<i>Eleutherodactylus rubrimaculatus</i>		X	X	X																	
<i>Agalychnis callidryas</i>									X						X			X			X
<i>Agalychnis moreletii</i>		X	X												X			X			
<i>Anotheca spinosa</i>															X			X			
<i>Bromeliahyla bromeliacia</i>																					
<i>Charadrahyla chaneque</i>																				X	
<i>Dendropsophus ebraccatus</i>									X												X
<i>Dendropsophus microcephalus</i>									X					X						X	X
<i>Dendropsophus robertmertensi</i>	X	X	X	X			X				X	X						X			
<i>Duellmanohyla chamulae</i>																				X	
<i>Duellmanohyla schmidtorum</i>		X	X		X	X					X										
<i>Ecnomihyla miotypanum</i>																		X	X		
<i>Exerodonta bivocata</i>																				X	
<i>Exerodonta chimalapa</i>																					
<i>Exerodonta sunichrasti</i>			X			X	X				X	X						X	X		
<i>Hyla walkeri</i>								X												X	X
<i>Plectrohyla acanthodes</i>																				X	X
<i>Plectrohyla avia</i>		X	X																		
<i>Plectrohyla guatemalensis</i>		X	X																		
<i>Plectrohyla hartwegi</i>		X			X					X											
<i>Plectrohyla ixil</i>																				X	
<i>Plectrohyla lacertosa</i>			X			X				X	X										
<i>Plectrohyla matudai</i>		X	X	X	X	X				X											
<i>Plectrohyla pycnochila</i>																					X
<i>Plectrohyla sagorum</i>		X	X		X	X				X											
<i>Ptychohyla euthysanota</i>	X	X	X	X	X	X				X	X	X									
<i>Ptychohyla macrotympanum</i>													X		X					X	
<i>Ptychohyla sp. (floresvillelaei)</i>																					
<i>Scinax staufferi</i>	X		X			X	X	X		X	X	X					X	X	X	X	
<i>Smilisca baudinii</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Smilisca cyanosticta</i>												X	X	X	X	X					
<i>Tlalocohyla loquax</i>								X	X				X		X	X	X			X	

<i>Tlalocohyla picta</i>									X					X				X	X	X	
<i>Trachycephalus venulosus</i>	X		X				X		X											X	
<i>Engystomops pustulosus</i>	X	X					X														
<i>Leptodactylus fragilis</i>	X	X	X				X	X	X		X	X	X						X	X	
<i>Leptodactylus melanonotus</i>	X	X	X	X			X		X		X	X						X			X
<i>Gastrophryne elegans</i>									X									X			
<i>Gastrophryne usta</i>	X		X				X														
<i>Hypopachus barberi</i>																		X			X
<i>Hypopachus variolosus</i>			X				X				X	X	X					X			X
<i>Lithobates berlandieri</i>						X		X	X		X	X	X	X	X			X	X		X
<i>Lithobates brownorum</i>																				X	X
<i>Lithobates forreri</i>			X				X				X										
<i>Lithobates maculatus</i>	X	X	X	X	X	X			X		X	X	X					X			
<i>Lithobates vaillanti</i>			X				X		X		X	X	X					X		X	
<i>Rhinophrynus dorsalis</i>			X				X		X			X									
<i>Bolitoglossa alberchi</i>															X			X			
<i>Bolitoglossa engelhardti</i>			X																		
<i>Bolitoglossa flavimembris</i>			X																		
<i>Bolitoglossa flaviventris</i>	X	X	X	X			X														
<i>Bolitoglossa franklini</i>			X	X		X					X										
<i>Bolitoglossa hartwegi</i>								X													X
<i>Bolitoglossa lincolni</i>																		X			X
<i>Bolitoglossa mexicana</i>									X						X	X	X	X	X		
<i>Bolitoglossa mulleri</i>									X												
<i>Bolitoglossa nova sp</i>																			X		
<i>Bolitoglossa occidentalis</i>			X	X	X	X				X					X			X	X		
<i>Bolitoglossa odonnelli</i>																					
<i>Bolitoglossa platydactyla</i>																					
<i>Bolitoglossa rostrata</i>																X					
<i>Bolitoglossa rufescens</i>						X		X									X		X	X	
<i>Bolitoglossa stuarti</i>								X													
<i>Cryptotriton alvarezdeltoroi</i>																			X		
<i>Dendrotriton megarhinus</i>										X											
<i>Dendrotriton xolocalcae</i>			X																		
<i>Ixalotriton niger</i>																X					
<i>Ixalotriton parvus</i>																					

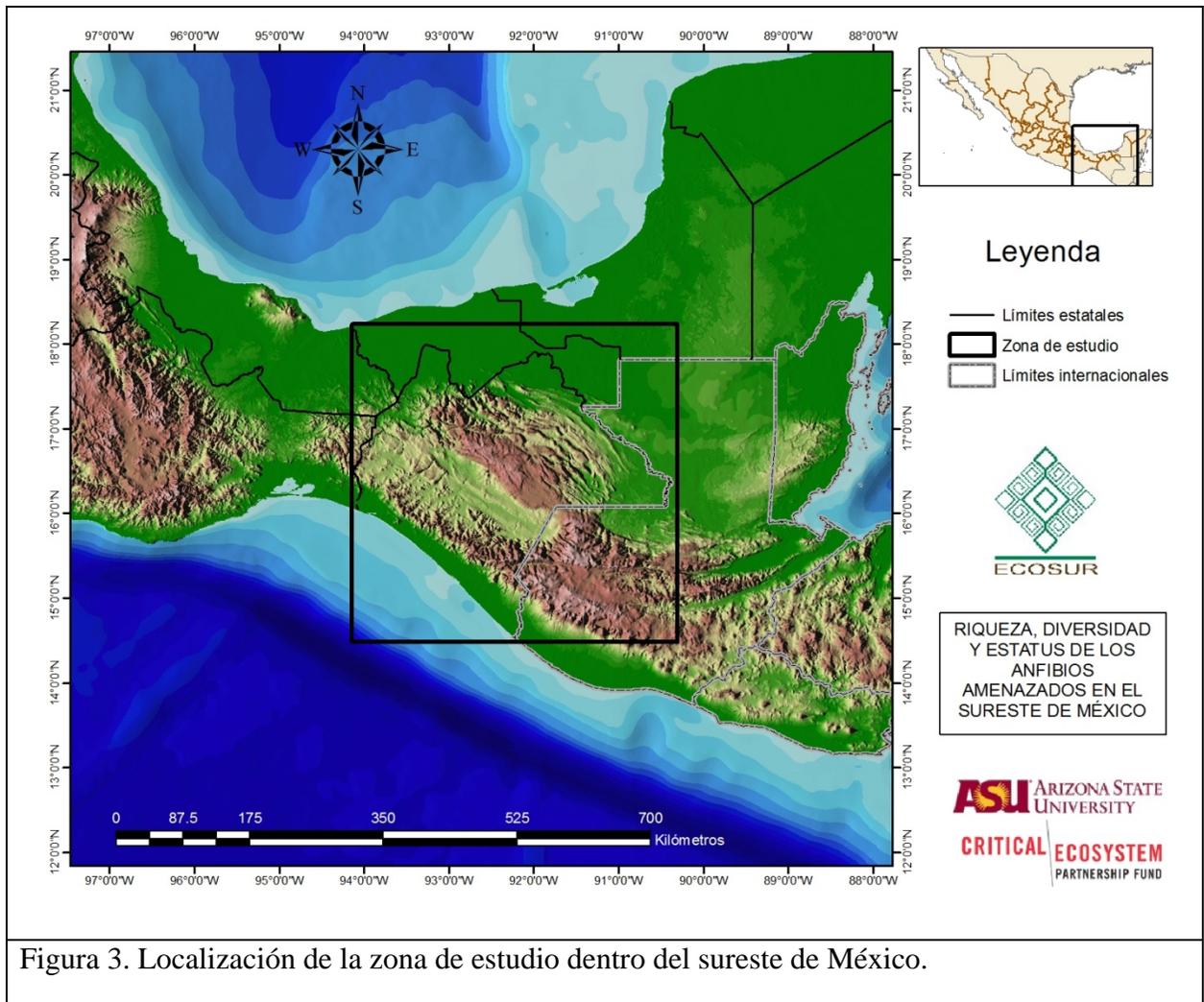
<i>Nyctanolis permix</i>								X													
<i>Oedipinola elongata</i>																					
<i>Pseudoeurycea brunnata</i>			X																		
<i>Pseudoeurycea goebeli</i>			X																		
<i>Pseudoeurycea rex</i>		X	X																		
<i>Dermophis mexicanus</i>	X	X	X	X	X		X				X									X	
<i>Dermophis oaxacae</i>			X				X														
total de especies	19	35	47	17	14	19	25	14	22	18	20	19	12	11	18	11	26	27	16	17	9

En cada localidad de muestreo se tomaron muestras de tejido de las distintas especies anfibios, tanto de adultos como de larvas. A cada uno de los individuos colectados se les realizo un frotis de la parte ventral del cuerpo; incluyendo vientre, piernas y patas. Cada muestra se guardo en un tubo de centrifuga, debidamente etiquetado para su posterior análisis. Para la detección genética del Bd (Seanna, et al. 2004) los frotis fueron analizados a través de la técnica de PCR en tiempo real descrita por Boyle et al. (2004). Los primers usado fueron específicos para la detección y amplificación del DNA de *B. dendrobatidis* (ITS1-3 y 5.8S; Boyle et al., 2004). El DNA de las muestras fue extraído utilizando el protocolo de PrepMan Ultra (Frías *et al.*, 2008).

El análisis genético, permitió confirmar la presencia o ausencia del quitridio para cada población analizada. Por otra parte, con los resultados obtenidos del análisis del PCR por localidad se pudo estimar la distribución geográfica potencial del hongo dentro de la región. Lo anterior se logró asociando las características ambientales de las localidades donde se confirmo la presencia del patógeno. Para esto último, se utilizo el programa DIVA–GIS versión 2, este programa se basa en la modelación de los nichos ecológicos de las especies; relacionando características climáticas de los puntos de ocurrencia (localidades con presencia de *Bd*), con puntos probados al azar dentro de la región de estudio (áreas desconocidas), desarrollando una serie de reglas de decisión que resumen esos factores y los asocia a las características ambientales donde están los registros positivos. Finalmente DIVA-GIS dio como resultado un mapa de distribución potencial del hábitat del *Bd*.

Descripción del área de estudio

La zona de estudio se encuentra en el sureste de la República Mexicana, se localiza entre los paralelos 14° 25' y 18° 45' de latitud norte, y 90° 50' y 94° 05' de longitud oeste (Figura 3). Abraca parte de los estados de Oaxaca, Tabasco y Campeche y todo el estado de Chiapas. Limita al norte con el Golfo de México, al sur con el Océano Pacífico, al oeste con El Istmo de Tehuantepec y al este con la República de Guatemala.



Fisiografía y geomorfología

La zona de estudio presenta un complejo relieve, con pendientes desde ligeras hasta mayores a los 60 grados e intervalos altitudinales que van desde el nivel del mar hasta los 4100 m. Con base al criterio topográfico se han definido siete regiones fisiográficas: 1) Llanura costera del Pacífico; 2) Sierra Madre; 3) Depresión Central; 4) altiplanicie Central; 5) Montañas del Norte; 6) Montañas del Oriente y 7) Llanura Costera del Golfo (Müllerried, 1982; Ferrusquilla, 1998). La zona costera, está formada por estrechas barras de arena (salitrosos), suelos profundos y depósitos aluviales. La Sierra Madre, está formada, al noroeste por rocas antiguas del cenozoico, y al sureste, donde se localiza el volcán Tacaná, se convierte en una zona volcánica.

La parte norte de la región es más accidentada; a partir del altiplano central se combinan terrenos llanos con altas cadenas montañosas, producto de los plegamientos antiguos, formada de rocas sedimentarias del mesozoico, se destaca por su importancia el Volcán Chichonal (Müllerried, 1982; INEGI, 1994). También se encuentra la planicie Costera del Golfo, la cual tiene en promedio 90 km de amplitud, su altitud oscila entre los 0-200 m (Ferrusquilla, 1998). Al noroeste del altiplano se localizan las montañas del oriente, que tienen un declive hacia el noroeste, donde existen terrenos montañosos selváticos, esta zona es conocida también como la región de la Selva Lacandona (Müllerried, 1982; INEGI, 1994).

Entre la Sierra Madre y la Altiplanicie Central se localiza una fosa tectónica que constituye la depresión central la cual es recorrida por el río Grijalva y sus afluentes, se caracteriza por presentar una serie de planicies y lomeríos, constituidos principalmente por rocas sedimentarias (calizas) y depósitos aluviales. Por último se encuentra la llanura del golfo, compuesta por una serie de ondulaciones, pantanos o lagunas (Müllerried, 1982).

Edafología.

Las principales unidades de suelos que se encuentran en la región, en base a la clasificación FAO/UNESCO modificada por DGGTENAL son: Acrisol, Cambisol, Litosol, Regosol, Gleysol, Solonchak, Feozem, Rendzina, Luvisol, Vertisoles, Andosol, Castañozem, Nitosol y Ferralsol, entre otros (SPP, 1981).

Hidrografía.

La red hidrográfica de la zona está compuesta por dos vertientes separadas por la Sierra Madre de Chiapas: la pacífica y la atlántica, las cuales se subdividen en tres sistemas de gran importancia: El Grijalva (60,800 Km²), nace en las montañas de los Cuchumatanes en Guatemala y desemboca en el Golfo de México. Sus afluentes más sobresalientes son los ríos: Guanacastle, Jaltenango, Dorado, Cedro, Pueblo viejo, Chimalapa, Comoapa, Mocayo, Blanco, Angostura, Chiapilla, La Venta, Tzimbac, Cuxtepeques y Santo Domingo (Orozco, 1994; INEGI, 1994; Johnson, 1989).

El segundo sistema se encuentra en la costa, formada por los ríos que nacen en la Cordillera Centroamericana y desembocan en el Océano Pacífico. Su afluente más importante es el Suchiate (450 km²), que marca un trecho de la frontera México-Guatemala. Otros afluentes importantes

son el Coatán, Zanatenco, Pijijiapan, Huixtla, Cahuacán, Cintalapa y Novillero (Orozco, 1994; INEGI, 1994; Johnson, 1989).

El tercer sistema es el Usumacinta, el cual nace en los Cuchumatanes en Guatemala, recorre la mayor parte de la Selva Lacandona y la frontera México-Guatemala. Tiene una cuenca de 61,390 Km² y 800 Kms de extensión, 500 de ellos navegables. El Usumacinta une sus aguas con el Grijalva para desembocar en la barra de Frontera, Tabasco en el Golfo de México. Sus afluentes más importantes son: Lacantún, Jataté, Chacamax, Lacanjá y Huitxijá (Orozco, 1994; INEGI, 1994; Johnson, 1989). Otro sistema de menor importancia es el integrado por los ríos que nacen en la Sierra Huitepec, como el Pichucalco, el Teapa, el Tulipa y el Tacotalpa (Orozco, 1994).

Otro sistema importante dentro de la zona de estudio es la presencia de la región de humedales más grande de México, los pantanos de Centla que abarcan 3020 mil hectáreas, aquí confluyen los ríos Usumacinta y Grijalva. Este delta es una gran llanura de origen aluvial, sustentada en una cuenca estructural de roca sedimentaria. Los Pantanos de Centla contienen algunos sistemas morfogénicos representativos de las tierras bajas de Tabasco: llanura fluvial, llanura palustre y lagunar de agua dulce, llanura de cordón litoral clasificada en alto inundable y bajo inundable y llanura lagunar costera. Esta zona representa el aporte hídrico más importante en México, del continente hacia la costa y finalmente a la Sonda de Campeche. Comprende alrededor de 110 cuerpos de agua dulce epicontinentales permanentes y temporales (SEMARNAT, 2000)

También se encuentran numerosos lagos y lagunas, gran parte de ellos de origen kárstico, como los Lagos de Montebello, Laguna de Colón, Laguna Miramar, playas de Catazajá, los Ocotales, Laguna Lacanjá y Metzaboc. Sus embalses naturales tienen una superficie de 9,060 has. Además, se cuenta con cuatro embalses artificiales, productoras de energía hidroeléctrica, la presa de la Angostura, Chicoasén, Malpaso y Peñitas. A lo largo del litoral existen varias lagunas costeras, entre la más importantes está La Joya (Orozco, 1994).

Clima

Por su constitución geográfica, la zona de estudio presenta un clima modificado por las variaciones altimétricas. De ello deriva toda una superposición de climas diferentes, desde el trópico hasta el clima típico de alta montaña. Dada la posición geográfica su clima es tropical,

pero el relieve accidentado y la altitud modifican la temperatura y la humedad a tal grado que la región carece de un clima uniforme y es caracterizado por un clima variable según las diferentes regiones. Se puede distinguir sin embargo diversas zonas climatológicas, es decir regiones donde prevalece determinado tipo de clima. (Müllerried, 1957; Plan Estatal de Desarrollo, 1995-2000)

Actualmente se tienen registrados 33 tipos y subtipos de climas, de los cuales los mas representativos son los climas: cálido húmedo con lluvias todo el año Af(w) (Montañas del Norte), cálido húmedo con abundantes lluvias en verano Am(w) (Depresión Central y Sierra Madre), cálido subhúmedo con lluvias en verano Aw(w) (Depresión Central, Llanura del Golfo y Llanura del Pacífico), semicalido subhúmedo con lluvias en verano A(C)m (Sierra Madre y Altiplano Central), templado húmedo con abundantes lluvias en verano Cm (Montañas del Oriente, Montañas del Norte y Sierra Madre) y templado subhúmedo con lluvias en verano Cw (Altiplano Central y Sierra Madre) (March *et al.*, 1995, HACIENDA, 1997 en Hernández, 1998)

Flora y vegetación

A consecuencia de la variada geomorfología, climas, suelos y su compleja hidrología, la zona de estudio cuenta con una de las riquezas florísticas más notables del mundo; actualmente se tiene cerca de 9000 especies registradas que representan el 43 % de las especies de plantas registradas en el país, a este número habría que añadirle la amplia diversidad de musgos, líquenes y hongos que se presentan en esta región (Toledo, 1988). Según la cartografía del INEGI, en el estado existen 17 tipos de vegetación y uso del suelo. La selva alta perennifolia es el tipo de vegetación que mayor superficie; sin embargo, las áreas ocupadas por la agricultura de temporal y los pastizales cultivados comienzan a predominar en extensión con respecto a los otros tipos de bosque (Pino, Encino y Mesófilo de montaña) e incluso sobre la selva baja caducifolia.

Resultados

Los resultados del proyecto están restringidos al estado de Chiapas, debido a que las localidades de la parte norte (Tabasco) de la zona de estudio todavía no han sido muestreadas. Sin embargo, el análisis abarca el 90 % del área propuesta en el proyecto original. Asimismo, el 95 % de las especies de Chiapas también se comparten con el estado de Tabasco.

Generalidades de la diversidad y riqueza de los anfibios del sureste de México.

El sureste de México es una zona con alta diversidad y riqueza de anfibios. Durante este estudio se registraron 110 especies de anfibios, correspondientes a tres órdenes, 11 familias y 34 géneros (cuadro 2), lo que representa el 29.3 % de la anfibiofauna registrada para México y el 18.3 % de los anfibios de Mesoamérica. Las especies que se encuentran en el sureste de México se enlistan en el apéndice 1, donde se incluyen datos del tipo de vegetación, altitud, región fisiográfica, áreas protegidas y estatus de conservación según la NOM-059 y la IUCN donde se distribuyen.

Cuadro 2. Diversidad de anfibios de Chiapas, México. En cada rubro el número de la izquierda corresponde a lo registrado en el presente trabajo y el número de la derecha al número de taxones registrados para México (Flores y Canseco, 2004; Frost, 2008). En la columna de especies, el número entre paréntesis representa el porcentaje con respecto a la riqueza del grupo en México.

TAXONES	FAMILIAS	GÉNEROS	ESPECIES
Anura	9/11	26/36	82/235 (34.8%)
Caudata	1/4	7/16	26/138 (18.8.3%)
Gymnophiona	1/1	1/1	2/2 (100 %)
TOTAL	11/16	34/53	110/375 (29.3%)

Si comparamos esta riqueza de anfibios entre los diferentes estados del sureste de México y algunos países de Centroamérica, a través de un Índice de Riqueza de Especies (IRE); un índice que toma en cuenta el número de especies y la extensión territorial, resulta que Chiapas es la entidad con el mayor valor de riqueza, al igual que El Salvador (Cuadro 3). Esto nos indica la importancia de la anfibiofauna del estado de Chiapas en la región mesoamericana, además un análisis sobre la composición de especies de Chiapas nos muestra que los anfibios de Oaxaca y Veracruz son diferentes a los anfibios de Chiapas.

Cuadro 3. Comparación de la riqueza de especies de Chiapas con otras entidades geográficas. (Índice de riqueza de especies (IRE) = Número de especies/área x 100)

Entidad	No. de especies	Área	IRE
Chiapas	110	74,211	0.15
Oaxaca ¹	133	95,364	0.13
Veracruz ²	85	71,699	0.12
Guerrero ³	70	64,281	0.10
Nicaragua ⁴	67	130,000	0.05
Salvador ^{5,6}	32	20,696	0.15
Honduras ^{7,8}	116	112,088	0.10
Península de Yucatán ^{9,10}	44	240,000	0.02
Guatemala ^{11,12}	123	108,889	0.11

¹Casas *et al.* 2004; ²Pelcastre y Flores 1992; ³Pérez-Ramos *et al.* 2000; ⁴Köhler, 2001; ⁵Villa, *et al.* 1988; ⁶Dueñas *et al.* 2001; ⁷McCraine y Wilson, 2002; ⁸McCraine y Castañeda, 2007; ⁹Lee 1996; ¹⁰Campbell, 1998; ¹¹Campbell y Vannini, 1989, ¹²Campbell, 1999.

Diversidad y riqueza taxonómica de los anfibios del sureste de México.

En cuanto a la diversidad taxonómica de los anfibios del sureste de México, encontramos que el grupo más diverso son los Anuros que representa el 74.5 % de la anfibiofauna Chiapaneca, siendo la familia Hylidae la mejor representada dentro del Estado con el 30.0 %. El segundo grupo mejor representando son los Pletodóntidos (Plethodontidae), con 26 especies (23.6 %), siendo el estado de Chiapas la entidad de la República con mayor riqueza de especies de este grupo taxonómico. Un análisis más detallado sobre la diversidad taxonómica de los órdenes y familias de los anfibios del Estado de Chiapas, se presenta en el cuadro 4, en donde se indican el número de especies de cada grupo y sus porcentajes correspondientes.

Cuadro 4.- Diversidad taxonómica de los anfibios de Chiapas

GRUPO TAXONOMICO	No. DE ESPECIES	% RESPECTO A LA CLASE	% RESPECTO A LA ANFIBIOFAUNA MEXICANA
Clase Amphibia	110	-	29.3
Orden Gymnophiona			
Familia Caeciliidae	2	1.9	0.6
Orden Caudata			
Familia Plethodontidae	26	23.6	6.9
Orden Salientia	82	74.5	21.9
Familia Craugastoridae	21	19.1	5.6
Familia Eleutherodactylidae	2	1.8	0.5
Familia Bufonidae	12	10.9	3.2
Familia Centrolenidae	1	0.9	0.3
Familia Hylidae	33	30.0	8.8
Familia Leiuperidae	1	0.9	0.3
Familia Leptodactylidae	2	1.8	0.5
Familia Microhylidae	4	3.6	1.1
Familia Ranidae	5	4.5	1.3
Familia Rhinophrynidae	1	0.9	0.3

Diversidad y riqueza por tipo de vegetación de los anfibios del sureste de México

La distribución de los anfibios por tipos de vegetación indica que los hábitats más ricos en especies son dos; el Bosque Mesófilo y las Selvas Altas (Figura 4). En el primero, se han reportado 82 especies de anfibios, que corresponden al 73.8 % de la anfibiofauna chiapaneca y en el segundo se han registrado 73 especies, es decir el 65.7 % de la riqueza. Entre estos dos tipos de vegetación hay grandes diferencias en cuanto a la composición de anfibios que presentan. En ambos, la riqueza de anuros es muy similar (61 especies en Bosque Mesófilo y 60 en Selva Alta), pero existe una diferencia en cuanto a la riqueza de salamandras. El Bosque Mesófilo se

caracteriza por ser un hábitat muy rico en salamandras, aquí se encuentran 19 especies (73 %) de las 26 registradas en el sureste de México (figura 2).

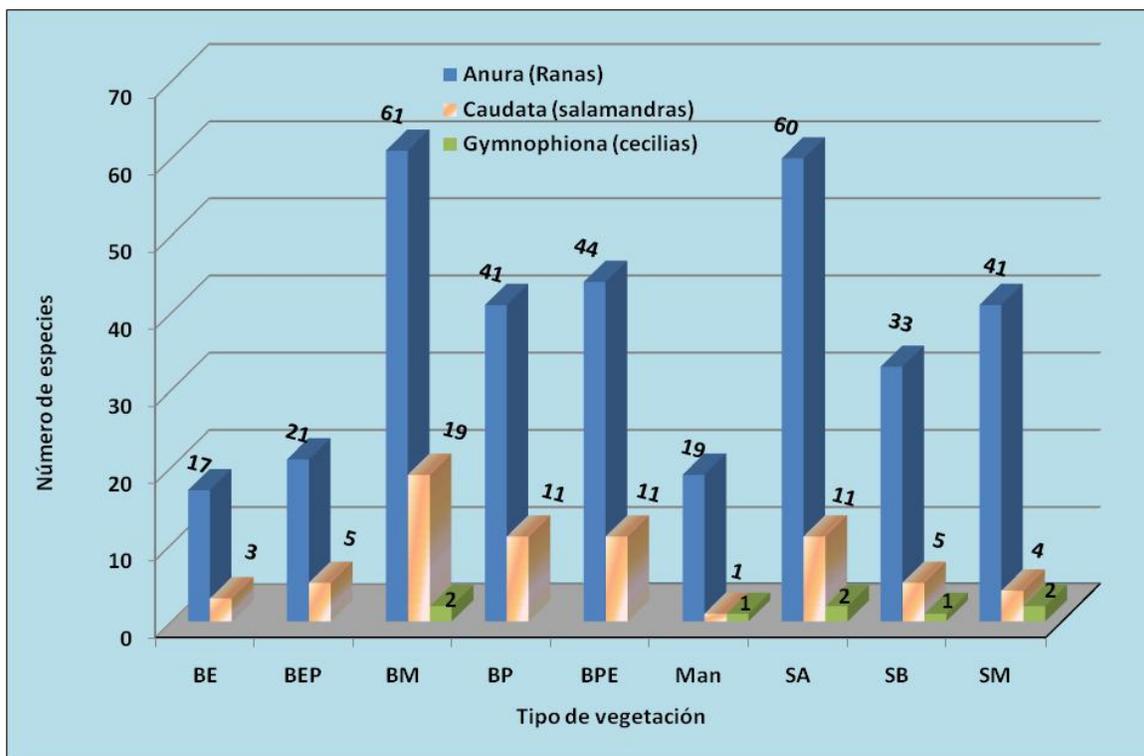


Figura 4. Distribución de la riqueza de los diferentes grupos de anfibios en los tipos de vegetación presentes en Chiapas. **BE:** Bosque de Encino; **BE-P:** Bosque de Encino-Pino; **BP:** Bosque de Pino; **BP-E:** Bosque de Pino-Encino; **BM:** Bosque Mesófilo; **Man:** Manglar; **SA:** Selva Alta; **SB:** Selva Baja; **SM:** Selva Mediana.

Por otra parte, los anfibios del bosque Mesófilo en su mayoría se caracterizan por ser endémicos y sus poblaciones son demográficamente raras o con una abundancia relativa baja, por ejemplo las salamandras; *Cryptotriton alvarezdeltoroi* para la zona de Pueblo Nuevo, Municipio de Pueblo Nuevo, *Dendrotriton megarhinus* para Cerro Tres Picos, Municipio de Villa Flores y *Dendrotriton xolocalcae* para la región de El Triunfo, Municipio de Angel Albino Corzo. También muchas especies típicas del Bosque Mesófilo son de distribución restringida, como es el caso de la mayoría de las especies del género *Plectrohyla* (ranas arborícolas de tierras altas) y *Bolitoglossa* (Salamandras). En cambio los anfibios de selvas altas tienen distribuciones geográficas muy amplias y se pueden encontrar en gran parte de la costa del Pacífico o del Atlántico en México y Centroamérica, además la mayoría de las poblaciones de selvas altas son muy abundantes.

Diversidad y riqueza por niveles altitudinales de los anfibios del sureste de México

Desde el punto de vista altitudinal, la mayoría de los anfibios de Chiapas se distribuyen por debajo de los 1800 msnm, encontrándose los puntos de mayor riqueza a los 100, 1000 y 1500 m de altitud (Figura 5), aquí se localizan hasta 52 especies, equivalente al 47.2 % de la riqueza de especies de la región. Un patrón altitudinal diferente lo presentan las salamandras (Figura 3), en este caso la mayor diversidad se encuentra por arriba de los 1500 msnm, siendo esta cota altitudinal el punto de mayor diversidad, aquí se han registrado 14 especies de salamandras (53.8 % de las especies de este grupo).

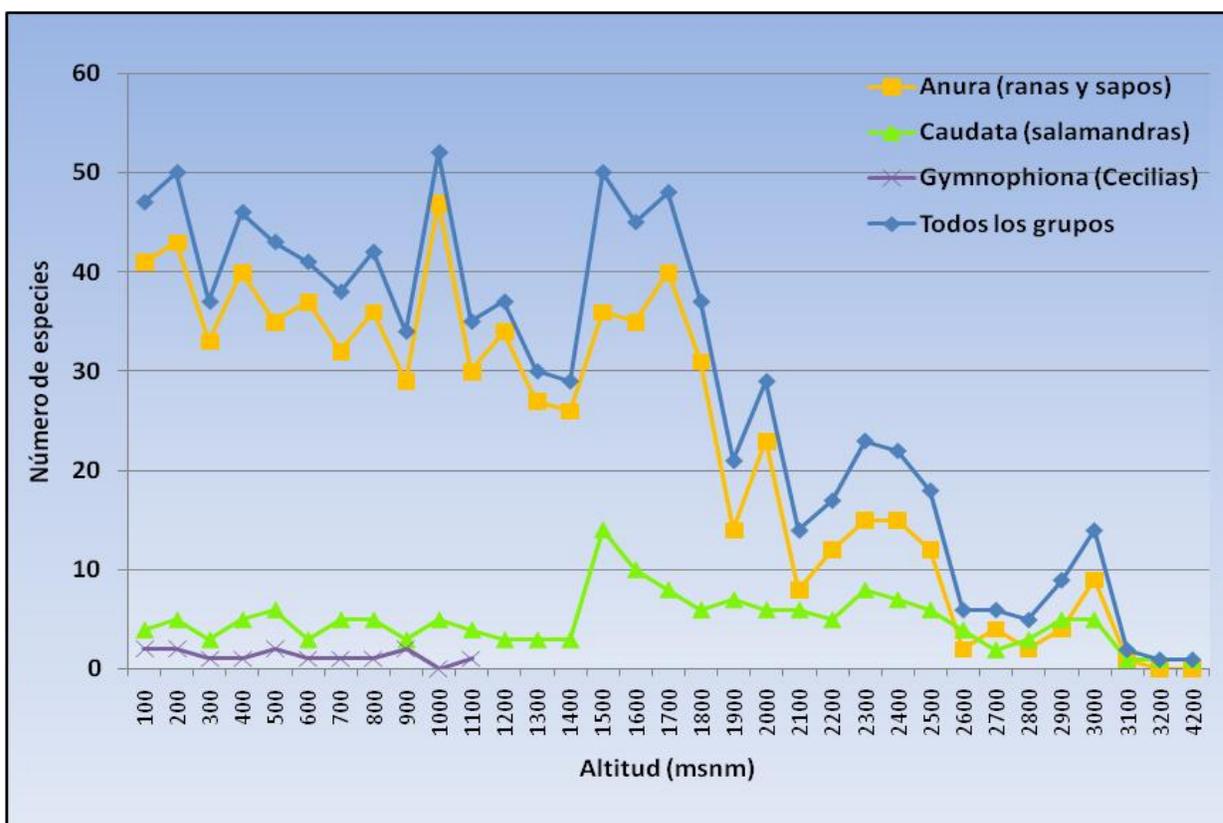


Figura 5. Distribución altitudinal de los grupos de anfibios presentes en Chiapas.

Diversidad y riqueza y por tipos de clima de los anfibios del sureste de México.

El análisis de la distribución por tipos de climas muestra que la mayor riqueza registrada, 77 especies en total, ocurre en los climas del grupo “Am”, es decir, cálido húmedo con lluvias en verano y estaciones secas cortas. Los siguiente sistema con mayor riqueza son los “Aw”

(subhúmedo con lluvias y canículas en verano y estaciones secas en invierno) y los húmedo proveniente del grupo [(A)C] con 65 y 62 especies respectivamente (Figura 6).

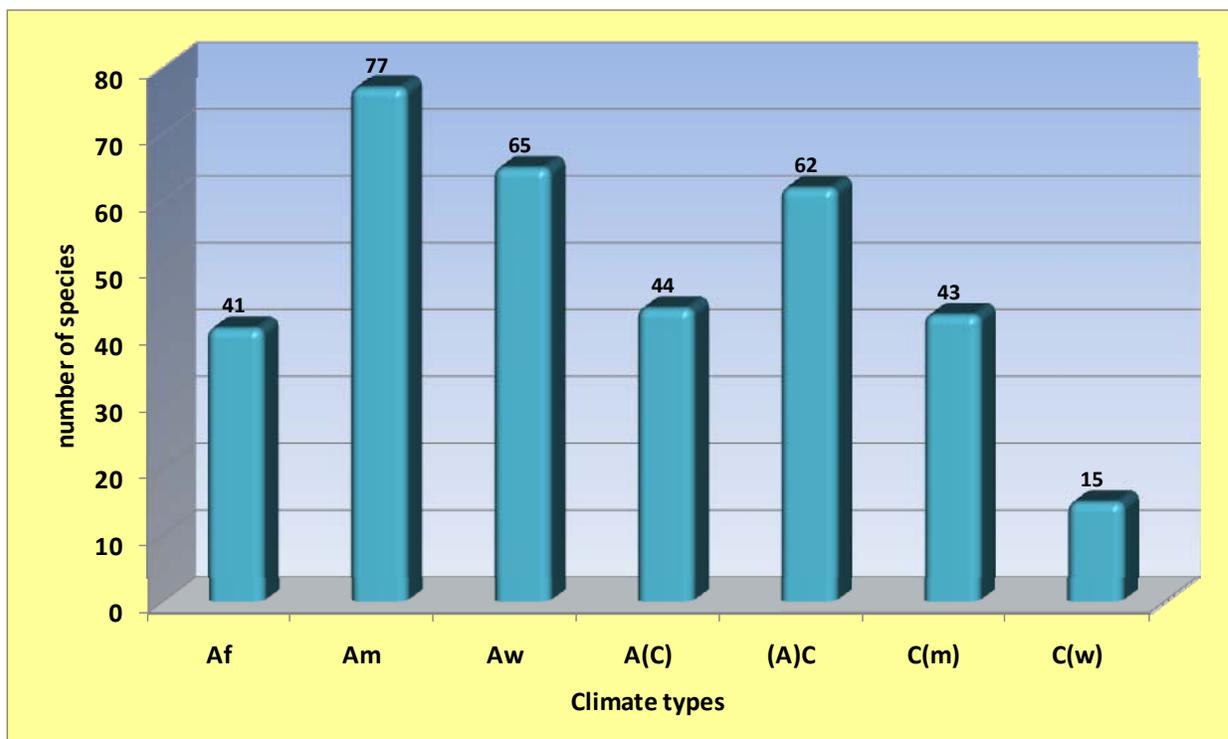


Figura 6. Distribución de la riqueza de hylidos por tipos de climas. **Clave:** **Af(m):** cálido, sin estación seca con precipitación de tipo monzón; **Am:** cálido húmedo con lluvias en verano y estaciones secas cortas; **Aw:** cálido subhúmedo con lluvias y canículas en verano y estaciones secas en invierno; **A(C):** semicálido húmedo proveniente del grupo “C”; **(A)C:** semicálido húmedo proveniente del grupo “A”; **C(m):** templados húmedos con precipitación de tipo monzónico; **C(w)** templado subhúmedo con lluvias en verano.

Diversidad y riqueza por regiones fisiográficas de los anfibios del sureste de México.

Para entender un poco más los patrones de distribución de los anfibios del sureste de México, se realizó un análisis comparando la riqueza y composición de especies entre las diferentes regiones fisiográficas. Estas regiones son una síntesis del complejo relieve e intervalos altitudinales que se presentan en Chiapas. Según Mullerried (1957), en Chiapas existen siete regiones fisiográficas, cada una caracterizada por la predominancia de algún tipo de vegetación, clima y altitud. Los resultados de este ejercicio (figura 7) indicaron que las regiones más diversas son los conjuntos montañosos de la Sierra Madre (SM) y de las Montañas del Norte (MN). Ambas zonas presentan alrededor de 60 especies equivalentes al 55 % de la riqueza estatal. Sin embargo, la composición

de anfibios entre ambas zonas es diferente, apenas comparte el 50 % de las especies (Johnson 1989).

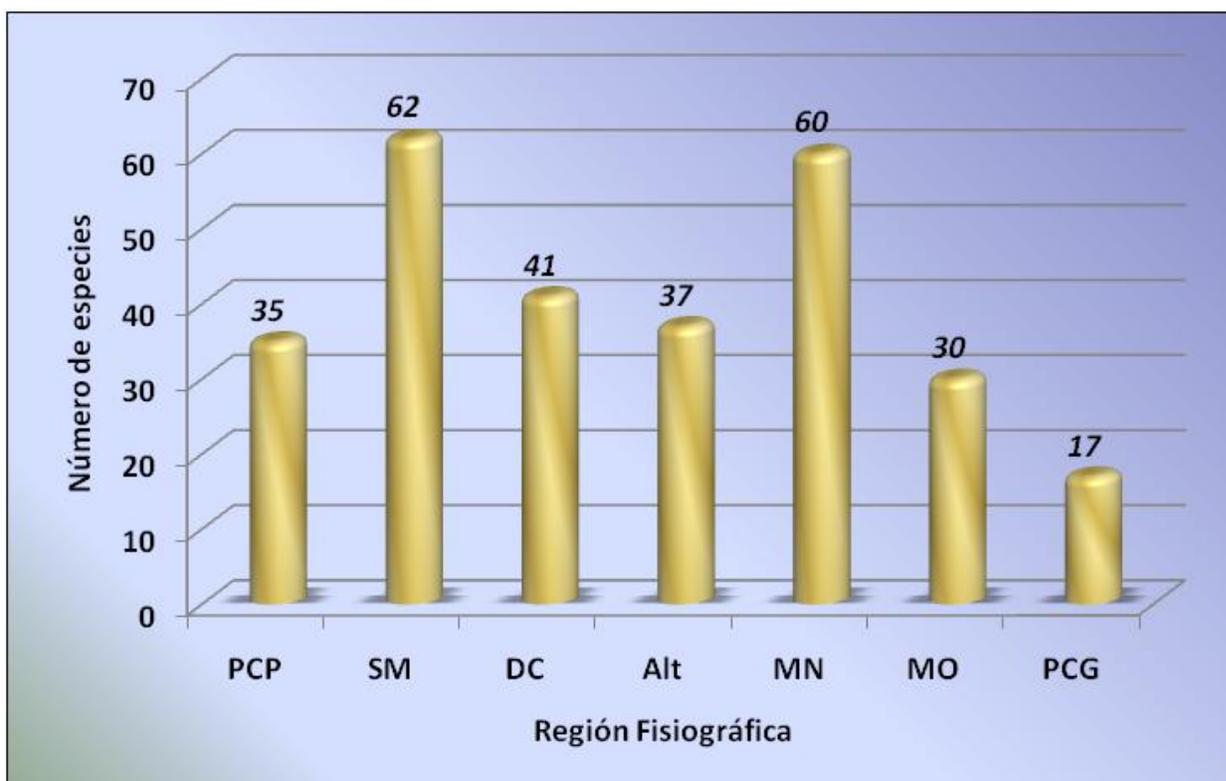


Figura 7. Diversidad de anfibios presentes en las regiones fisiográficas de Chiapas. **Alt:** Altiplano, **DC:** Depresión Central, **MN:** Montañas del Norte, **MO:** Montañas de Oriente, **PCG:** Planicie del Golfo, **PCP:** Planicie del Pacifico, **SM:** Sierra Madre.

Riqueza y diversidad de endemismos de los anfibios del Sureste de México

Aunque el sureste de México es una región muy rica en especies, presenta poco endemismos. Únicamente 17 especies (15.4 %) son endémicas a esta región. La mayoría de las especies endémicas se distribuyen por arriba de los 1500 m de altitud en climas templados y en hábitat como el bosque mesófilo, bosque de pino y bosque de pino-encino, en la Sierra Madre y las Montañas del Norte. Las especies más importantes son las ranas de hojarasca (*Craugastor glaucus*, *Craugastor montanus* y *Craugastor taylori*), las ranas arborícolas de montaña (*Exerodonta bivocata*, *Exerodonta chimalapa*, *Duellmanohyla chamulae* y *Plectrohyla pycnochila*), y varias salamandras (*Cryptotriton alvarezdeltoroi*, *Dendrotriton megarhinus* y *Dendrotriton xolocalcae*). Geográficamente los sitios más importantes por sus endemismos son las localidades de La Pera (Municipio de Berriozábal) y de Cerro Baúl (Municipio de Cintalapa)

donde se distribuyen cuatro especies endémicas (*Ixalotriton niger*, *Ixalotriton parvus*, *Craugastor pozo*, *Exerodonta chimalapa*), resaltando la presencia de *Ixalotriton*, género de salamandras que exclusivamente se distribuye en el sureste de México. Otro sitio importantes es la región de Pueblo Nuevo-Rayón aquí se pueden encontrar varias especies endémica *Charadrahyla chaneque*, *Duellmanohyla chamulae*, *Exerodonta bivocata*, *Bolitoglossa sp* y *Cryptotriton alvarezdeltoroi*.

Sin embargo, la verdadera importancia de la anfibiofauna del sureste de México radica en que el 58.1 % de sus especies son de distribución restringida, o hablando en términos de endemismo, son especies endémicas a la parte Nuclear de Centroamérica (según Schuchert 1935 y Johnson 1989; es la parte comprendida entre el Istmo de Tehuantepec y el norte de Nicaragua). Por lo tanto, se puede considerar que la anfibiofauna Chiapaneca es casi totalmente de origen mesoamericano y muy diferente a la del resto del país y de centroamerica

Distribución geográfica de la riqueza de anfibios del sureste de México

En lo que respecta a la riqueza de especies geográficamente hablando y considerando la cuadrícula de 10 x 10 km, son 22 sitios los que presentan una mayor riqueza de anfibios (figura 8). Estas áreas contienen, cada una de ellas, más del 12 % (13-35 especies) de la riqueza total de especies (Cuadro 5). La localidad que presentó el mayor número de anfibios es La Esperanza con 35 especies (31.8 % de la riqueza) seguida del Volcán Tacana, con aproximadamente el 30 % de la riqueza, ambos ubicados en la Sierra Madre del Sur y a altitudes mayores a 1000 m. Otros sitios con alta riqueza de especies son Chajul localizado al sur de la Selva Lacandona con 20 especies y la región de Tonalá con 22 especies, este último sitio situado en la Costa del Pacífico. Los otros sitios ricos en especie se localizan principalmente en las tierras altas del norte de Chiapas y en la zona poniente del estado (figura 8).

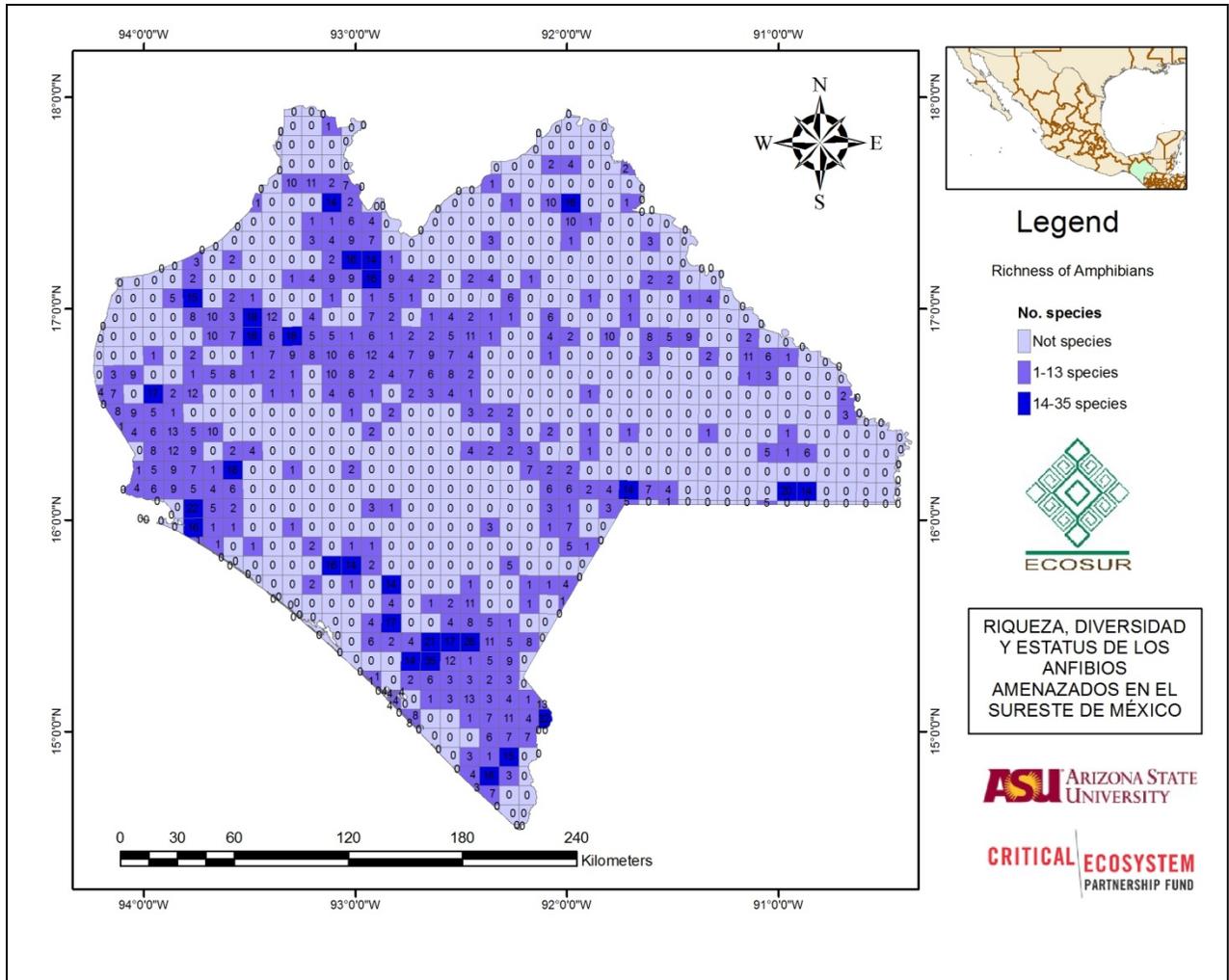


Figura 8. Ubicación geográfica de las localidades con mayor riqueza de anfibios en el sureste de México (entre 14 y 35 especies)

La mayoría de los sitios con alta riqueza de especies se localizan en zonas donde predomina el Bosque Mesófilo (10 sitios) y áreas con Selva Baja, hábitat que se han caracterizado por presentar alta riqueza de anfibios (figura 4). Sin embargo hay una gran diferencia entre estos sitios, mientras las zonas localizadas dentro del Bosque Mesófilo, el nivel de fragmentación del hábitat es intermedio o bajo; por ejemplo: El Triunfo, El Tacana y El Pinal. Las localidades ricas en especies ubicadas dentro de Selva Alta, el nivel de fragmentación van de intermedio a alto, es decir que muy probablemente estas zonas en la actualidad albergan pocas de las especies que se tienen históricamente registradas.

Los sitios que ya no tienen hábitat original son Tonalá, Puerto Arista, Tapachula y Pichucalco. Toda la zona en la actualidad está cubierta por pastizales inducidos y cultivos perenes, por lo

tanto la fragmentación es extrema y solo quedan algunos manchones pequeños de Selva consideramos que estos sitios están muy degradados y muy posiblemente las mayoría de las especies distribuidas aquí se han visto afectadas. Caso contrario son las zonas del Tacaná, El Pinal, Tres Picos, El Ocote y el Triunfo, sitios donde el hábitat está muy bien conservado y por consiguiente son áreas que nosotros consideramos prioritarios para su conservación. Una ventaja es que cuatro de los cinco sitios están dentro de Reservas de la Biósfera. Únicamente la localidad de El Pinal está fuera de alguna reserva, siendo extremadamente prioritario establecer medidas de conservación para esta área (figura 9).

Cuadro 5.- Cuadrantes con el mayor porcentaje de riqueza registradas de anfibios y reptiles.

	Sitios	Número de especies de anfibios	Tipos de Vegetación	Altitud	Fragmentación del hábitat
1	La Esperanza Municipio de Acacoyagua. 15° 21' 25" N y 92° 39' 28" W	35	Bosque Mesófilo Selva Alta Pastizal	200-1800	Intermedio
2	Volcán Tacaná Municipio de Cacahoatán. 15° 02' 10" N y 72° 08' 29" W	32	Bosque Mesófilo	1000-2200	Bajo
3	El Pinal Municipio de Escuintla 15° 24' 30" N y 92° 30' 03" W	26	Bosque Mesófilo Bosque de Pino-Encino	1000-2800	Bajo
4	Tonalá Municipio de Tonalá. 16° 05' 11" N y 93° 45' 18" W	22	Pastizal Cultivos	0-100	Alto
5	Chajul Municipio de Ocosingo. 16° 07' 49" N y 90° 57' 30" W	20	Selva Alta	100-200	Intermedio
6	El Pozo Municipio de Berriozábal. 16° 59' 02" N y 93° 26' 27" W	18	Selva Alta Bosque de Pino Selva Mediana Pastizal	600-1100	Intermedio
7	Tres Picos Municipio de Villaflores. 16° 13' 55" N y 93° 35' 02" W	18	Bosque Mesofilo Bosque de Pino	800-2200	Bajo
8	Veinte Casas Municipio de Ocozacoautla 16° 59' 45" N y 93° 30' 33" W	18	Selva Alta Pastizal	600-1000	Intermedio
9	San Bartolo Municipio de Cintalapa. 16° 34' 36" N y 93° 55' 33" W	17	Bosque de Pino-Encino Pastizal Cultivos	700-1000	Alto
10	Unión los Olivos Municipio de Mapastepec. 15° 31' 26" N y 92° 47' 51" W	17	Selva Alta Pastizal	200-1000	Intermedio
11	Pueblo Nuevo Municipio de Pueblo Nuevo. 17° 09' 33" N y 93° 53' 57" W	16	Bosque Mesofilo Bosque de Encino Cultivos Pastizal	1000-1600	Alto
12	Palenque Municipio de Palenque. 17° 30' 33" N y 91° 58' 56" W	16	Selva Alta Cultivos	100-400	Alto
13	Puerto Arista Municipio de Tonalá. 15° 56' 02" N y 93° 48' 36" W	16	Manglar Pastizal Cultivos	0-100	Alto

Sitios		Número de especies de anfibios	Tipos de Vegetación	Altitud	Fragmentación del hábitat
14	Tapachula Municipios de Tapachula. 15° 25' 20" N y 92° 27' 28" W	16	Pastizal Cultivo	0-100	Alto
15	Laguna Bélgica Municipio de Ocozocoautla 16° 51' 30" N y 93° 27' 53" W	16	Selva Mediana Cultivos Pastizal	800-1200	Alto
16	Santa Cruz Municipio de la Concordia. 15° 47' 58" N y 93° 03' 50" W	16	Bosque Mesofilo Bosque de Pino Selva Alta	1000-2400	Intermedio
17	Rayón Municipio de Rayón. 17° 12' 03" N y 93° 00' 42" W	16	Bosque Mesofilo Selva Alta Pastizal Cultivos	600-1800	Alto
18	El Ocote Municipio de Ocozocoautla. 17° 04' 22" N y 93° 45' 03" W	15	Selva Alta Selva Mediana	300-800	Bajo
19	Lagos de Montebello Municipio de la Trinitaria. 16° 07' 20" N y 91° 43' 33" W	14	Bosque Mesofilo Bosque de Pino-Encino	1300-1600	Intermedio
20	El Triunfo Municipio de Ángel Albino Corzo. 15° 39' 21" N y 92° 48' 27" W	14	Bosque Mesofilo	1000-2400	Bajo
21	Rincón Chamula Municipio de Pueblo Nuevo. 17° 12' 23" N y 92° 56' 16" W	14	Bosque Mesofilo Pastizal Cultivos	1600-2400	Alto
22	Pichucalco Municipio de Pichucalco. 17° 30' 31" N y 93° 07' 06" W	14	Selva Alta Pastizal Cultivos	100-400	Alto

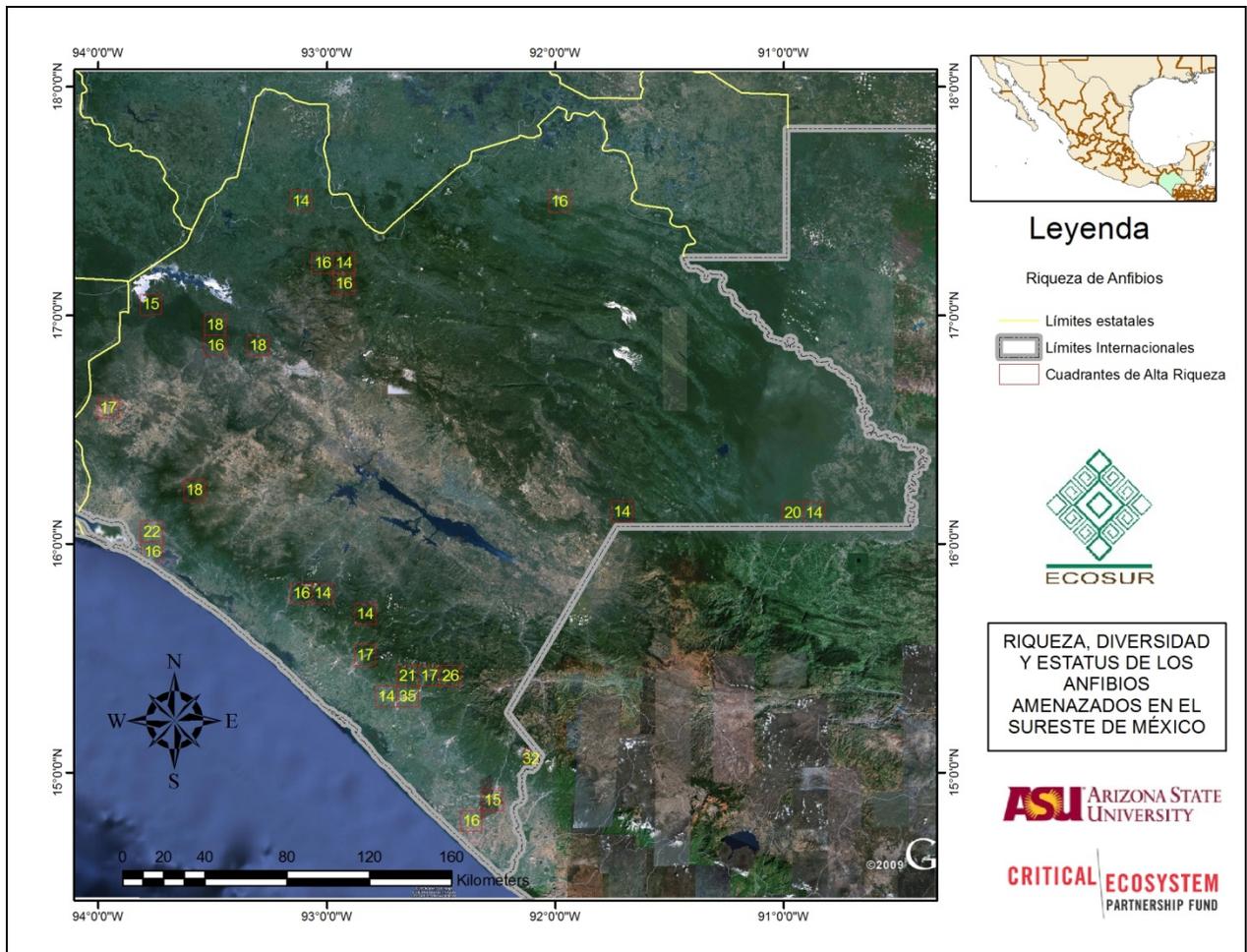


Figura 9. Sitios con alta riqueza de especies y grado de fragmentación de su hábitat. Los números, nombres y coordenadas geográficas de los sitios se encuentran en el cuadro 5 (los números dentro del cuadro es el número de especies de anfibios)

La quitridiomycosis en poblaciones de anfibios del sureste de México.

La revisión de la literatura sobre la presencia e incidencia de la quitridiomycosis en la zona de estudio, dio como resultado que antes de este trabajo se había registrado en México la presencia de *Batrachochytrium dendrobatidis* en 17 especies, principalmente en tres familias; Ambystomatidae, Hylidae y Ranidae (cuadro 6). De las especies infectadas tres están en la categoría de críticamente amenazadas, tres en la categoría de amenazadas y tres vulnerables. Asimismo, solo dos especies (*Agalychnis moreletii* y *Exerodonta melanomma*) se distribuyen en Chiapas (cuadro 6).

Cuadro 6. Lista de especies donde se ha registrado la presencia de *Bd*. Estate: Distrito Federal (D.F.), Michoacán (Mich.), México (Mex.), Puebla (Pue.), Guerrero (Gro.), Oaxaca (Oax.), Sonora (Son.), Chiapas (Chis.). Categoría Libro Rojo de la IUCN: (CR) Critically Endangered, (DD) Data Deficient, (EN) Endangered, (LC) Least Concern, (NT) Near Threatened, (VU) Vulnerable, (Nd) No data.

Familia	Especie	Estado	Categoría según libro rojo de la IUCN	Literatura donde se registra
Ambystomatidae	<i>Ambystoma mexicanum</i>	D.F.	CR	Frías-Alvarez, et al (2008)
	<i>Ambystoma altamirani</i>	Mex.	EN	Frías-Alvarez, et al (2008)
	<i>Ambystoma granulosum</i>	Mex, Mich.	CR	Frías-Alvarez, et al (2008)
	<i>Ambystoma rivulare</i>	Mich.	DD	Frías-Alvarez, et al (2008)
	<i>Ambystoma velasci</i>	Pue.	LC	Frías-Alvarez, et al (2008)
Hylidae	<i>Agalychnis moreletii</i>	Gro.	CR	Frías-Alvarez, et al (2008)
	<i>Exerodonta melanomma</i>	Gro.	VU	Frías-Alvarez, et al (2008)
	<i>Hyla euphorbiacea</i>	Oax.	NT	Frías-Alvarez, et al (2008)
	<i>Hyla eximia</i>	Mex.	LC	Frías-Alvarez, et al (2008)
	<i>Pachymedusa dacnicolor</i>	Mich.	LC	Frías-Alvarez, et al (2008)
	<i>Ptychohyla erythromma</i>	Gro.	EN	Lips et al (2004)
<u>Brachycephalidae</u>	<i>Claugastor saltador</i>	Gro.	EN	Lips et al (2004)
Ranidae	<i>Rana megapoda</i>	Mex.	VU	Frías-Alvarez, et al (2008)
	<i>Rana montezumae</i>	D. F.	LC	Frías-Alvarez, et al (2008)
	<i>Rana neovolacanic</i>	Mex.	NT	Frías-Alvarez, et al (2008)
	<i>Rana tarahumara</i>	Son	VU	Rollins-Smith <i>et al.</i> (2002)
	<i>Rana spectabilis</i>	Mor.	LC	Frías-Alvarez, et al (2008)

Por otra parte, el registro de *Bd* se ha concentrado principalmente en los estados de Guerrero, Puebla y Michoacán, así como, otras entidades cercanas al centro de México. Solo un caso se ha reportado para el Norte del País (Cuadro 6).

En específico durante este trabajo se tomaron 1,106 muestras correspondientes a 77 especies de anfibios (70 % de la anfibiofauna de la región). Como resultado del análisis demostramos la presencia de la quitridiomycosis en 24 especies de anfibios (Cuadro 7), equivalente a que el 21 % de las especies de anfibios de la zona de estudio están amenazadas por la infección del *Bd*. Las especies infectadas pertenecen principalmente de las Familias Bufonidae, Hylidae, Microhylidae, Plethodontidae y Ranidae, el género con mayor incidencia de *Bd* fue *Plectrohyla*. Sin embargo, al contabilizar el grado de infección (número de zoosporas por individuo) resultó que la especie *Dendrotriton xolocalcae* es la más infectada. La segunda especie más infectada es *Hyla walkeri* y después las ranas *Smilisca baudinii* y *Plectrohyla matudai*. Asimismo, encontramos que varias poblaciones de diferentes especies de *Plectrohyla* están infectadas en distintos sitios geográficos.

Cuadro 7. Especies con resultados positivos de quitridiomycosis después de aplicar la técnica de PCR en tiempo real.

Familia	Especie	No de individuos infectados	Promedio de zoosporas por individuo
Bufonidae	<i>Incillus macrocristatus</i>	1	6.66
Bufonidae	<i>Incillus valliceps</i>	2	76.52
Hylidae	<i>Agalychnis moreleti</i>	1	191.20
Hylidae	<i>Dendropsophus ebraccatus</i>	3	259.44
Hylidae	<i>Duellmanohyla schimdtorum</i>	2	24.24
hylidae	<i>Hyla walkeri</i>	9	1,647.63
Hylidae	<i>Plectrohyla ixil</i>	9	22.03
Hylidae	<i>Plectrohyla lacertosa</i>	68	151.37
Hylidae	<i>Plectrohyla matudai</i>	33	821.28
Hylidae	<i>Plectrohyla sagorum</i>	44	122.04
Hylidae	<i>Plectrohyla sp 1</i>	1	13.92
Hylidae	<i>Plectrohyla sp 3</i>	1	37.68
Hylidae	<i>Plectrohyla sp 4</i>	4	44.09
Hylidae	<i>Ptychohyla euthysanota</i>	14	108.18
Hylidae	<i>Smilisca baudinii</i>	4	871.36
Hylidae	<i>Tlalocohyla loquax</i>	1	2.20
Leptodactylidae	<i>Craugastor sp 1</i>	1	43.92
Microhylidae	<i>Hypopachus barberi</i>	4	248.74
Plethodontidae	<i>Bolitoglossa lincolni</i>	1	56.64
Plethodontidae	<i>Bolitoglossa rufescens</i>	4	427.52
Plethodontidae	<i>Dendrotriton magarhinus</i>	3	455.87
Plethodontidae	<i>Dendrotriton xolocalcae</i>	5	4,560.58
Ranidae	<i>Rana maculata</i>	4	24.08
Ranidae	<i>Rana berlandieri</i>	13	57.69

Por otra parte, encontramos que la quitridiomycosis está en 11 localidades de muestreo (Figura 10). Las localidades son El Tacana, El Triunfo, Finca Prusia, Sierra Morena, Tres Picos, Cerro Baúl, El Pozo, Selva El Ocote, San Cristóbal de las Casas, Pueblo Nuevo y Rayón, todas estas localidades se distribuyen entre 900 y 2100 m de altitud. Excepto la región de la Selva El Ocote, cuya altitud oscila entre 300-600 m. Las áreas donde se encontró el quitridio presentan los siguientes tipos de vegetación: Bosque Mesófilo, Bosque de Pino y Selva Mediana, así como zonas de cultivo.

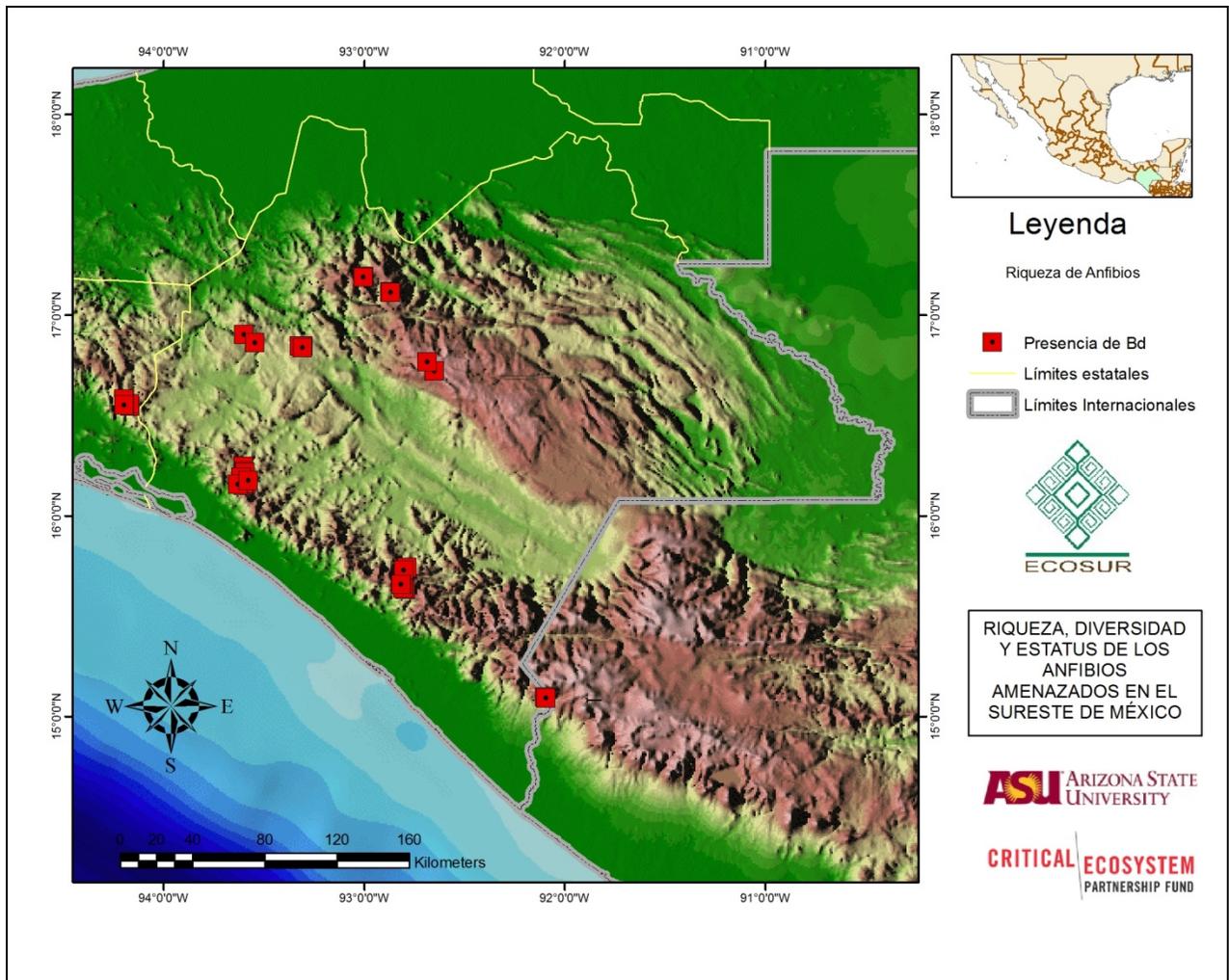


Figura 10. Distribución geográfica de las muestras positivas de quitridio

Para estimar si el patógeno *Batrachochytrium dendrobatidis* está presente en forma diferencial entre las distintas familias, géneros y especies de anfibios distribuidas dentro del sureste de México. Nosotros analizamos las muestras positivas con respecto a las negativas, considerando frecuencia de ejemplares infectados y no infectados en las diferentes especies. Examinamos las muestras a través de un análisis de correspondencia (Figura 11), los resultados de este análisis nos indicaron que existe una tendencia significativa de la familia Hylidae a estar infectada por *Bd* ($X^2_{(10)}=72.6716$ $p<0.0001$), de igual modo el género *Plectrohyla* presenta una tendencia positiva hacia la quitridiomycosis ($X^2_{(10)}=126.837$ $p<0.0001$). El análisis a nivel de especie indica que las poblaciones de *Plectrohyla sagorum* y *Plectrohyla ixil* (ambas de la familia Hylidae) tienden a estar infectadas ($X^2_{(86)}=230.436$ $p<0.0001$). Estos resultados nos indican que existe una tendencia de ciertos grupos taxonómicos a ser infectados por el *Bd*.

También analizamos si había diferencias en el grado de infestación (número de zoosporas por muestra) entre las especies que resultaron positivas con quitridiomycosis, para ello utilizamos un análisis de varianza no paramétrico de una vía Kruskal-Wallis (Figura 12). Resultado que las especies *Bolitoglossa rufescens*, *Plectrohyla ixil*, *P. lacertosa* y *P. sagourum* presentan grados de infectación distintos ($H_{(3)} = 10.143$, $P = 0.017$), existiendo diferencia entre *P. lacertosa* y *P. ixil* (Cuadro 8). Este resultado confirma que además de que existe una tendencia del género *Plectrohyla* a ser infectados por el *Bd*, dentro del mismo género hay especies que están más infectadas que otras.

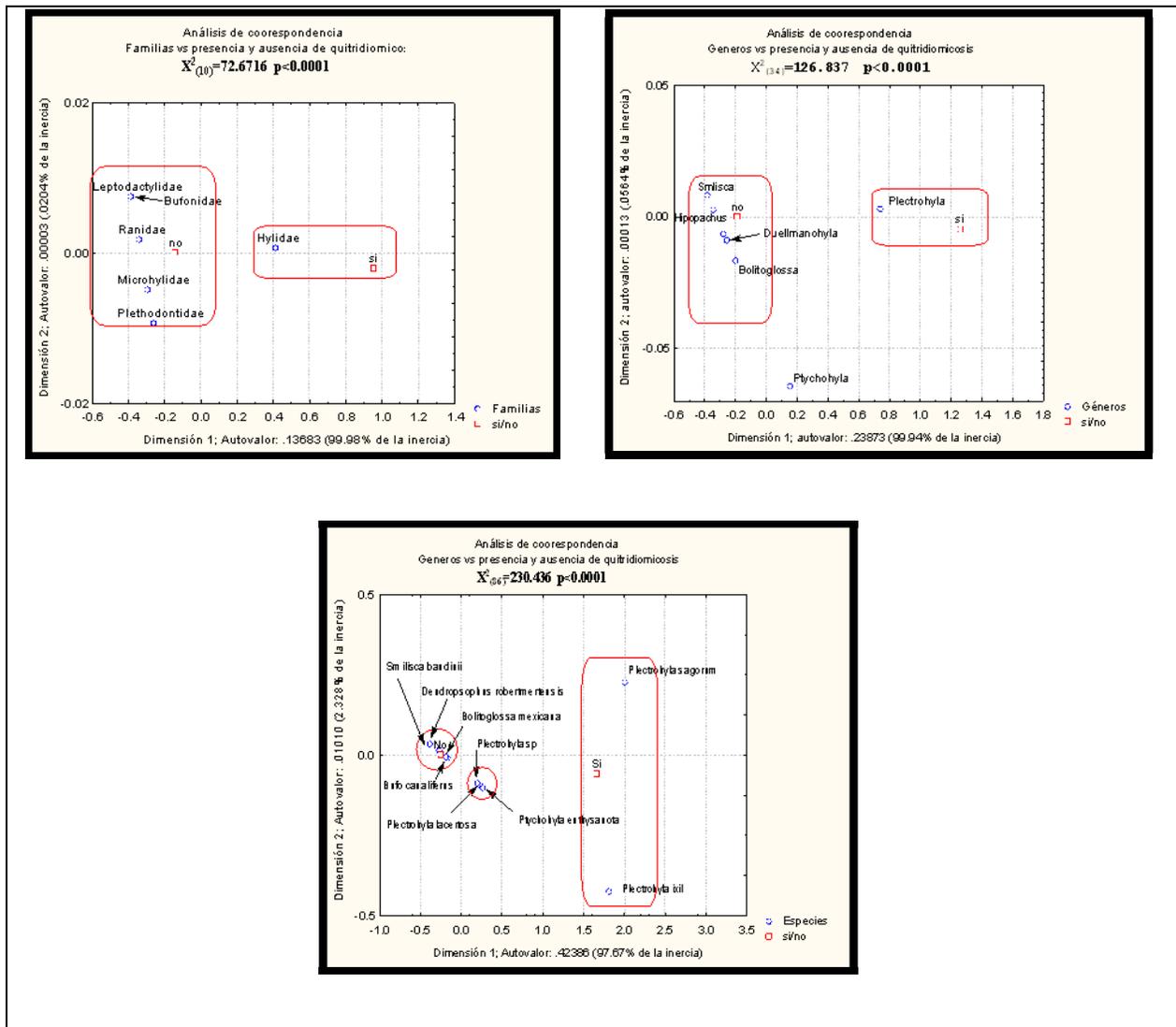


Figura 11. Resultado del análisis de correspondencia en las diferentes familias, géneros y

especies estudiadas.

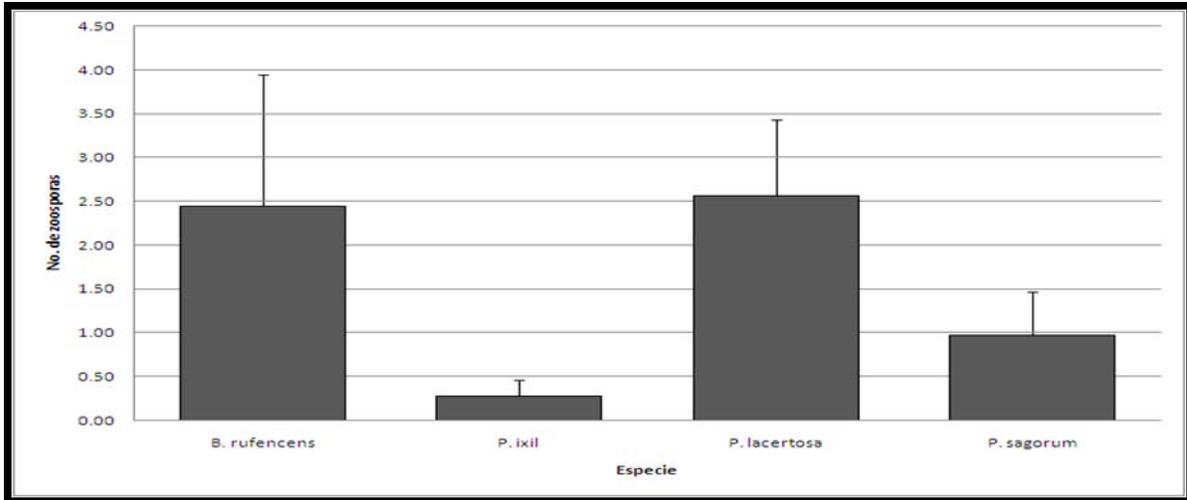


Figura 12. Promedio de infestación por Bd en las especies positivas con quitridiomycosis.

Cuadro 8. Promedios de infestación entre las diferentes especies positivas con quitridiomycosis

	B. rufencens	P. ixil	P. lacertosa	P. sagourum
B. rufencens	2.439	$P > 0.05$	$P > 0.05$	$P > 0.05$
P. ixil		0.275	$P < 0.05^*$	$P > 0.05$
P. lacertosa			2.556	$P > 0.05$
P. Sagourum				0.968

Por otra parte, un análisis preliminar de la distribución de *Bd* dentro de la zona de estudio, nos indica que hay ciertas localidades o áreas geográficas donde existe una tendencia a la presencia del patógeno, un análisis de correspondencia comparando las localidades muestreadas da como resultado que la zonas de El Triunfo y la Región de Pueblo Nuevo son sitios geográficas con mayor tendencia a la presencia de la quitridiomycosis ($X^2_{(40)}=216.279$ $p < 0.0001$; Figura 13).

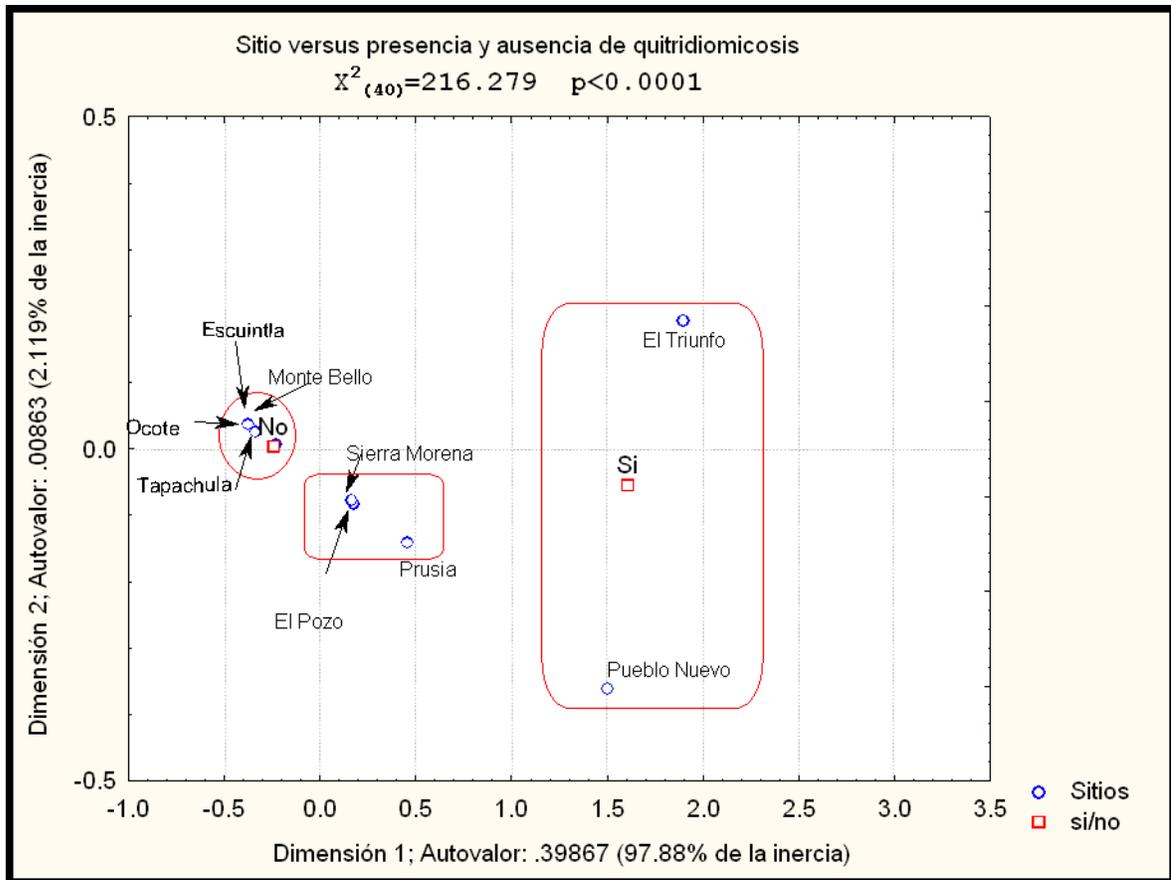


Figura 13. Resultados del análisis de correspondencia entre sitios muestreados con presencia y ausencia de quitridiomycosis.

Estos sitios están distantes entre sí, uno en la Sierra Madre de Chiapas y otro en las Tierras Altas del Norte. Además presentan ambientes diferentes; El Triunfo tiene una altitud promedio de 2,200 metros, con Bosque Mesofilo y hábitat bien conservado. En cambio la región de Pueblo Nuevo, se ubica a 1500 m de altitud, el tipo de vegetación predominante es el Bosque de Pino y su hábitat está muy fragmentado. Sin embargo, cuando comparamos el grado de infestación promedio de las especies distribuidas en esos sitios versus la región de Sierra Morena; una localidad con una tendencia mucho más baja a la presencia del *Bd* (Figura 14) encontramos, a través de un análisis de varianza de una vía Kruskal-Wallis, que el grado de infestación es diferentes entre las localidades ($H_{(2)}= 10.899$, $p= 0.004$), teniendo el mayor grado de infestación en la localidad de Sierra Morena. Mientras que el grado de infestación entre el Triunfo y Pueblo Nuevo es igual (Figura 13, Cuadro 9).

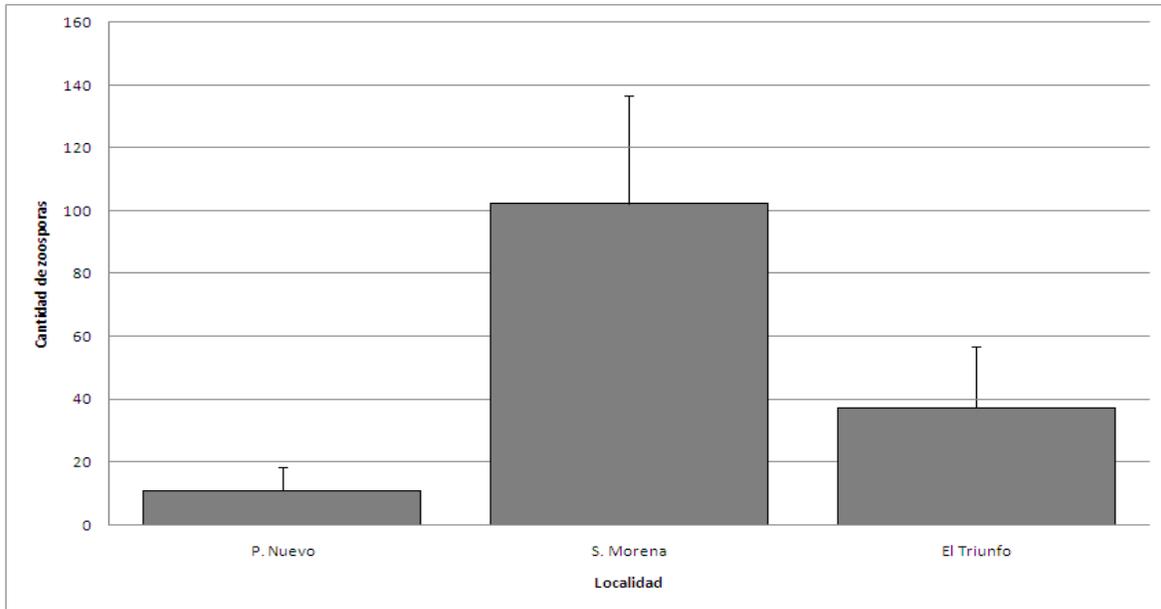


Figura 14. Promedio de infestación por Bd en las distintas localidades con resultados positivos con quitridiomycosis.

Cuadro 9. Promedios de infestación entre los diferentes sitios positivos con quitridiomycosis

	Pueblo Nuevo	Sierra Morena	El Triunfo
Pueblo Nuevo	0.484	<i>P</i> <0.05*	<i>P</i> >0.05
Sierra Morena		26.240	<i>P</i> <0.05*
El Triunfo			3.660

Con respecto a la distribución potencial de Bd dentro de la zona de estudio y después de correr el modelo de DOMAIN en diva-gis, encontramos que el modelo predice una alta incidencia en la región de la Sierra Madre de Chiapas, y en la región de los Chimalapas en el estado de Oaxaca. Asimismo, indica una alta probabilidad en algunas zonas intermedias de las tierras altas del norte de Chiapas (Figura 15). Estos resultados son diferentes a los estimados por Ron (2005), pues este autor indica que la meseta central y las tierras altas de Chiapas son regiones donde existía una probabilidad muy alta de localizarse el quitridio.

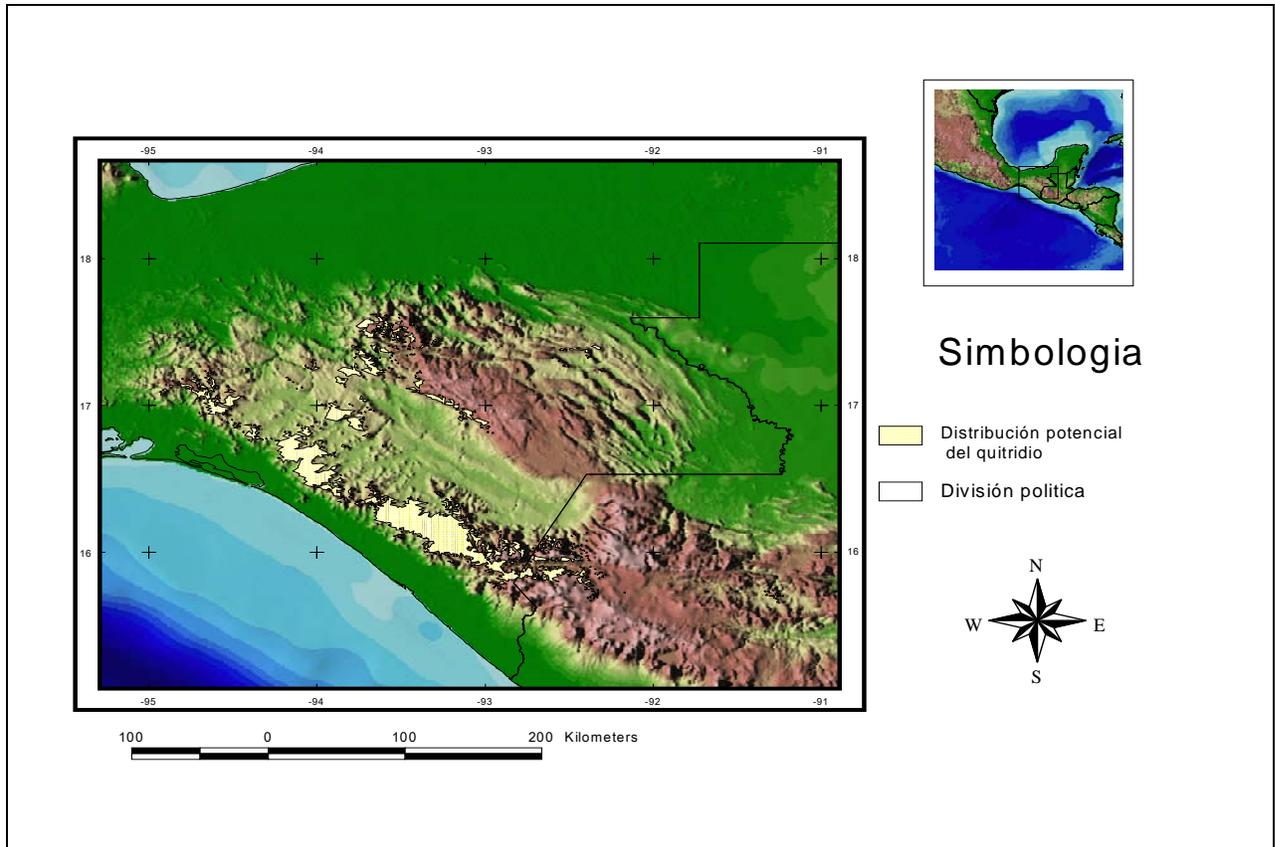


Figura 15. Distribución potencial de quitridio en la zona de estudio.

Sitios de alta riqueza de especies, estatus de las especies amenazadas, abundancias relativas y presencia de la quitridiomycosis en el sureste de México

Un análisis integrado considerando los diferentes factores que pudieran afectar a las poblaciones de anfibios distribuidos en la zona de estudio se presenta a continuación. En Chiapas están consideradas 15 especies en peligro crítico (CR), 20 en peligro (EN), 11 casi en peligro (NT), 16 vulnerables, 6 con datos deficientes y 40 sin problemas.

Cuando analizamos los sitios con alta riqueza de especies y el número de especies amenazadas que se distribuyen en esos sitios, así como, sí dentro de los sitios se ha detectado la presencia de quitridiomycosis, encontramos que dentro de los primero ocho sitios con mayor número de especies, existen desde 5 a 10 especies amenazadas según la IUCN, siendo la región de El Tacana donde se distribuyen el mayor número de especies amenazadas (10 especies), sin embargo en este mismo sitio se ha detectado la presencia de quitridiomycosis. Otros sitios importantes por su alta riqueza de especies, pero que tienen muchas especies amenazadas en combinación con presencia

de Bd, son El Pozo y Cerro Tres Picos, Rayón y Rincón Chamula (Cuatro 10). Estos cinco sitios nosotros consideramos que son prioritarios para iniciar acciones de conservación de anfibios, sobre todo en aquellos que no se encuentran en áreas protegidas (El Pozo, Rayón y Rincón Chamula).

Cuadro 10. Sitios con alta riqueza de especies, número de especies amenazadas y quitridiomicosis.

	Sitios	Número de especies de anfibios	Número de especies en los estatus de IUCN	Presencia de quitridiomicosis
1	La Esperanza Municipio de Acacoyagua. 15° 21' 25" N y 92° 39' 28" W	35	CR=2 EN=4 NT=1 (total 7)	No
2	Volcán Tacaná Municipio de Cacahoatán. 15° 02' 10" N y 72° 08' 29" W	32	CR=5 EN=4 NT=1 (total 10)	Yes
3	El Pinal Municipio de Escuintla 15° 24' 30" N y 92° 30' 03" W	26	CR=1 EN=4 NT=1 (total 6)	No
4	Tonalá Municipio de Tonalá. 16° 05' 11" N y 93° 45' 18" W	22	CR=1 EN=1 NT=1 (total 3)	No
5	Chajul Municipio de Ocosingo. 16° 07' 49" N y 90° 57' 30" W	20		No
6	El Pozo Municipio de Berriozábal. 16° 59' 02" N y 93° 26' 27" W	18	CR=4 EN=1 NT=2 (total 7)	Yes
7	Tres Picos Municipio de Villaflores. 16° 13' 55" N y 93° 35' 02" W	18	CR=3 EN=3 (total 6)	Yes
8	Veinte Casas Municipio de Ocozocoautla 16° 59' 45" N y 93° 30' 33" W	18	CR=2 EN=1 NT=2 (total 5)	No
9	San Bartolo Municipio de Cintalapa. 16° 34' 36" N y 93° 55' 33" W	17		No
10	Unión los Olivos Municipio de Mapastepec. 15° 31' 26" N y 92° 47' 51" W	17	CR=1 NT=1 (total 2)	No
11	Pueblo Nuevo Municipio de Pueblo Nuevo. 17° 09' 33" N y 93° 53' 57" W	16	CR=1 (total 1)	Yes
12	Palenque Municipio de Palenque. 17° 30' 33" N y 91° 58' 56" W	16		No
13	Puerto Arista Municipio de Tonalá. 15° 56' 02" N y 93° 48' 36" W	16	CR=1 EN=1 (total 2)	No
14	Tapachula	16	CR=1	No

	Sitios	Número de especies de anfibios	Número de especies en los estatus de IUCN	Presencia de quitridiomycosis
	Municipios de Tapachula. 15° 25' 20" N y 92° 27' 28" W		NT=1 (total 2)	
15	Laguna Bélgica Municipio de Ocozocoautla 16° 51' 30" N y 93° 27' 53" W	16	NT=2 (total 2)	No
16	Santa Cruz Municipio de la Concordia. 15° 47' 58" N y 93° 03' 50" W	16	EN=1 (total 1)	No
17	Rayón Municipio de Rayón. 17° 12' 03" N y 93° 00' 42" W	16	CR=2 EN=3 NT=1 (total 6)	Yes
18	El Ocote Municipio de Ocozocoautla. 17° 04' 22" N y 93° 45' 03" W	15	CR=1 NT=2 (total 3)	No
19	Lagos de Montebello Municipio de la Trinitaria. 16° 07' 20" N y 91° 43' 33" W	14	EN=3 NT=1 (total 4)	No
20	El Triunfo Municipio de Ángel Albino Corzo. 15° 39' 21" N y 92° 48' 27" W	14	CR=2 EN=1 (total 3)	Yes
21	Rincón Chamula Municipio de Pueblo Nuevo. 17° 12' 23" N y 92° 56' 16" W	14	CR=2 EN=2 NT=1 (total 5)	Yes
22	Pichucalco Municipio de Pichucalco. 17° 30' 31" N y 93° 07' 06" W	14		No

Los sitios ricos en especies que no tienen problemas de especies amenazadas y donde hasta la fecha no se ha detectado la presencia del hongo quitridio son San Bartolo, Palenque, Pichucalco y Chajul, sin embargo presentan graves problemas de fragmentación y transformación del hábitat, a tal grado que casi todo el hábitat de esas regiones ha desaparecido. A excepción de la zona de Chajul, cuyo hábitat todavía está bien conservado. En estos sitios es necesario realizar estudio de las poblaciones de anfibios distribuidos allí para conocer como están sus poblaciones.

El análisis de las especies donde se detecto la quitridiomycosis y las abundancias relativas registradas en este trabajo nos permite proponer cambios en las categorías de conservación de la IUCN (Cuadro 11). El hecho de que estas especies están siendo atacadas por el Bd nos indica que tienen ya un problema de conservación, pues se ha demostrado en diversos trabajos que la quitridiomycosis es un factor de declinación (Carey *et al.* 2003, Berger *et al.* 1998, Lips 1999, Daszak *et al.* 1999, Longcore *et al.* 1999, Kiesecker *et al.* 2004, La marca *et al.* 2005). Si adicionamos que estas especies tienen poblaciones demográficamente bajas, es necesario cambiar su estatus dentro de la IUCN, sobretodo de aquellas que están consideradas como Sin Problemas

(LC); tal es el caso de *Dendropsophus ebraccatus* y *Tlalocohyla loquax* que consideramos deben de pasar a la categoría de vulnerables (VU) por que están siendo infectadas por el hongo.

Asimismo, proponemos que *Incillus macrocristatus*, *Hyla walkeri*, *Plectrohyla matudai*, *Hypopachus barberi*, *Dendrotriton megarhinus* y *Dendrotriton xolocalcae* pasen de la categoría de Vulnerables (VU) a Amenazadas (EN), ya que sus poblaciones son raras o moderadamente abundantes. Otros cambios sugeridos se presentan en el cuadro 11.

Cuadro 11. Cambios de estatus de la IUCN sugeridas para las especies donde se detecto **Bd** y cuyas poblaciones son relativamente raras.

Especie	Estatus según IUCN	¿Infectada con Quitridiomycosis?	Abundancia registrada en este estudio	Cambio de categoría sugerido dentro de la IUCN con base a los resultados
<i>Incillus macrocristatus</i>	Vulnerable (VU)	SI	rara	Amenazada (EN)
<i>Incillus valliceps</i>	Sin problemas (LC)	SI	abundante	
<i>Agalychnis moreleti</i>	Críticamente amenazada (CR)	SI	rara	
<i>Duellmanohyla schmidtorum</i>	Vulnerable (VU)	SI	abundante	
<i>Dendropsophus ebraccatus</i>	Sin problemas (LC)	SI	abundante	Vulnerable (VU)
<i>Hyla walkeri</i>	Vulnerable (VU)	SI	moderadamente abundante	Amenazada (EN)
<i>Plectrohyla ixil</i>	Críticamente amenazada (CR)	SI	abundante	
<i>Plectrohyla lacertosa</i>	Amenazada (EN)	SI	abundante	
<i>Plectrohyla matudai</i>	Vulnerable (VU)	SI	moderadamente abundante	Amenazada (EN)
<i>Plectrohyla sagorum</i>	Amenazada (EN)	SI	abundante	
<i>Ptychohyla euthysanota</i>	Casi amenazada (NT)	SI	abundante	
<i>Smilisca baudinii</i>	Sin problemas (LC)	SI	abundante	
<i>Tlalocohyla loquax</i>	Sin problemas (LC)	SI	abundante	Vulnerable (VU)
<i>Hypopachus barberi</i>	Vulnerable (VU)	SI	rara	Amenazada (EN)
<i>Lithobates berlandieri</i>	Sin problemas (LC)	SI	abundante	Vulnerable (VU)
<i>Lithobates maculata</i>	Sin problemas (LC)	SI	abundante	
<i>Bolitoglossa lincolni</i>	Casi amenazada (NT)	SI	abundante	
<i>Bolitoglossa rufescens</i>	Sin problemas (LC)	SI	abundante	
<i>Dendrotriton megarhinus</i>	Vulnerable (VU)	SI	rara	Amenazada (EN)
<i>Dendrotriton xolocalcae</i>	Vulnerable (VU)	SI	rara	Amenazada (EN)

Otro aspecto importante en este estudio fue evaluar si las especies que había sido registrada solo una vez o cuyo registro databa de hace 25 años, todavía se encontraban en los sitios donde habían sido localizadas. En este sentido resulta que de las 19 especies que encuentran en este *status*(cuadro 12), la mitad de ellas no fueron observadas durante este trabajo y tampoco fueron registradas en los últimos 10 años de trabajo de campo que hemos realizado en la región. Por lo tanto, consideramos que estas especies podrían estar en

severos problemas de conservación, el caso extremo son las especies *Ixalotriton niger*, *Ecnomiohyla miotympanum*, *Exerodonta bivocata*, *Exerodonta sumichrasti* y *Plectrohyla pycnochila*, además en las áreas de distribución de estas especies (son especies endémica o de distribución restringidas) está presente el Bd.

Por otra parte, las especies que si fueron confirmadas dentro de sus localidades de registro tienen el problema que sus poblaciones son rara, sin embargo afortunadamente no se les detectó quitridiomycosis, excepto en las dos especies del género *Dendrotriton* (cuadro 12). Asimismo, considerando los diferentes elementos analizados en este apartado proponemos el cambio de categoría de diversas especies dentro de este grupo, estas sugerencias se enlistan en cuadro 12.

Cuadro 12. Especies de anfibios con severos problemas de conservación y sugerencia de cambio de categoría dentro de la IUCN.

Especie	Estatus según IUCN	¿Infectada con Quitridiomycosis?	Abundancia registrada en este estudio	¿Registrada después de 25 Años?	¿El sitio donde se distribuye presenta Bd?	Cambio de categoría sugerida dentro de la IUCN con base a los resultados
<i>Craugastor glaucus</i>	Criticamente amenazada (CR)	NO	rara	SI	si	
<i>Incillus luetkenii</i>	Sin problemas (LC)	no analizada	desconocida	NO		
<i>Charadrahyla chaneque</i>	Amenazada (EN)	no analizada	rara	SI	si	Criticamente amenazada (CR)
<i>Duellmanohyla chamulae</i>	Amenazada (EN)	no analizada	desconocida	NO	si	
<i>Ecnomiohyla miotympanum</i>	Casi amenazada (NT)	no analizada	desconocida	NO	si	Amenazada (EN)
<i>Exerodonta bivocata</i>	Datos deficientes (DD)	no analizada	desconocida	NO	si	
<i>Exerodonta chimalapa</i>	Amenazada (EN)	NO	rara	SI	si	
<i>Exerodonta sumichrasti</i>	Sin problemas (LC)	no analizada	desconocida	NO		
<i>Plectrohyla acanthodes</i>	Criticamente amenazada (CR)	NO	rara	SI	si	
<i>Plectrohyla hartwegi</i>	Criticamente amenazada (CR)	no analizada	rara	SI	si	
<i>Plectrohyla pycnochila</i>	Criticamente amenazada (CR)	no analizada	desconocida	NO	si	
<i>Bolitoglossa rostrata</i>	Vulnerable (VU)	NO	rara	SI		Amenazada (EN)
<i>Bolitoglossa stuarti</i>	Amenazada (EN)	no analizada	desconocida	NO		Criticamente amenazada (CR)
<i>Cryptotriton alvarezdeltoroi</i>	Amenazada (EN)	no analizada	desconocida	NO	si	Criticamente amenazada (CR)
<i>Dendrotriton megarhinus</i>	Vulnerable (VU)	SI	rara	SI	si	Amenazada (EN)
<i>Dendrotriton xoloccalcae</i>	Vulnerable (VU)	SI	rara	SI	si	Amenazada (EN)
<i>Ixalotriton niger</i>	Criticamente amenazada (CR)	NO	rara	NO	si	
<i>Ixalotriton parvus</i>	Criticamente amenazada (CR)	NO	rara	SI	si	
<i>Nyctanolis pernix</i>	Amenazada (EN)	no analizada	desconocida	NO		Criticamente amenazada (CR)

En conclusión a lo largo de este documento realizamos un análisis sobre la diversidad y riqueza de los anfibios del sureste de México y damos sugerencias y estrategias de conservación para áreas ricas en especies o para las especies que tienen poblaciones reducidas o que siendo infectadas por el hongo *Batrachochytrium dendrobatidis*.

Literatura Citada.

AmphibiaWeb. Information on amphibian biology and conservation. [web application]. 2006. Berkeley, California: AmphibiaWeb. Available: <http://amphibiaweb.org>. (Acceso: Mar 30, 2006).

Annis, S., Dastoor, F., Ziel, H., Daszak, P. y J. E. Longcore. 2004. A DNA-based assay identifies *Batrachochytrium dendrobatidis* in amphibians. *Journal of Wildlife Diseases*, 40(3): 420–428.

Ardipradja K (2001) A Study of Resistance towards the Emerging Pathogen *Batrachochytrium dendrobatidis* in Four Species of Australian Frogs. Honours thesis, Melbourne, Victoria, Australia: University of Melbourne

Bearda, K. H. & E. M. O'Neill. 2005. Infection of an invasive frog *Eleutherodactylus coqui* by the chytrid fungus *Batrachochytrium dendrobatidis* in Hawaii. *Biological Conservation* 126: 591-595

Berger L, Speare R, Hyatt A.D. 2000. Chytrid fungi and amphibian declines: Overview, implications and future directions. In: Campbell A, editor. *Declines and disappearances of Australian frogs*. Environmental Australia, Canberra, Australia. 21-31 p.

Berger L, Speare R, Hyatt AD (1999) Chytrid fungi and amphibian declines: overview, implications and future directions. In: Campbell A (editor), *Declines and Disappearances of Australian Frogs* Canberra, Australia: Environment Australia, Australian

Berger, L. R. Speare, P. Daszak, D. E. Green, A. A. Cunningham, C. L. Goggin, R. Slocombe, M. A. Ragan, A. D. Hyatt, K. R. McDonald, H. B. Hines, K. R. Lips, G. Marantelli, & H. Parks. 1998. Chytridiomycosis causes amphibian mortality associated with populations declines in the rainforests of Australia and Central America. *Proc. Natl Acad. Sci* 95:9031-9036.

Berger, L., Speare, R, y A: D. Hyatt. 1999. Chytrid fungi and amphibian declines: overview, implications and future directions. In: Campbell A (editor), *Declines and Disappearances of Australian Frogs* Canberra, Australia: Environment Australia, Australian

Berger, L., Speare, R., Hines, H., Marantelli, G., Hyatt, A.D., McDonald, K.R., Skerratt, L.F., Olsen, V., Clarke, J.M., Gillespie, G., Mahony, M., Sheppard, N., Williams, C. y M. Tyler. 2004. Effect of season and temperature on mortality in amphibians due to chytridiomycosis. *Australian Veterinary Journal* 82:31–36

Berger. L., Hyat,t A.D., Speare, R., Longcore, J.E. 2005. Life cycle stages of *Batrachochytrium dendrobatidis* Longcore et al. 1999, the amphibian chytrid. *Diseases of Aquatic Organisms* 68:51-63.

BirdLife International, *State of the World's Birds: Indicators for our Changing World* (BirdLife International, Cambridge, 2004).

- Blaustein, A. R. & A. Dobson A. 2006. A message from the frogs. *Nature* 439:143-144.
- Blaustein, A. R. & J. M. Kiesecker. 2002. Complexity in conservation: lessons from the global decline of amphibian populations. *Ecology Letters*, (2002) 5: 597–608.
- Blaustein, A. R., Hoffman, P. D., Hokit, D. G., Kiesecker, J. F., Walls, S. C. & J. B. Hays. 1994. UV repair and resistance to solar UV-B in amphibian eggs: a link to population declines?. *Proceedings of the National Academy of Science (USA)* 91:1791-1795.
- Bonaccorso, E., J. M. Guayasamin, D. Méndez, and R. Speare. 2003. Chytridiomycosis as a possible cause of population declines in *Atelopus cruciger* (Anura: Bufonidae). *Herpetol. Rev.* 34: 331–334.
- Bosch J, Martinez-Solano I, Garcia-París M. 2001. Evidence of a chytrid fungus infection involved in the decline of the common midwife toad (*Alytes obstetricans*) in protected areas of central Spain. *Biological Conservation* 97:331-337.
- Bradford, D. F. 1989. Allopatric distribution of native frogs and introduced fishes in high Sierra Nevada lakes of California: implication of the negative effect of fish introductions. *Copeia* 1989:775-778.
- Campbel, J. A. 1999. Distribution patterns of amphibians in middle america. *In*. Duellman, W. E. (ed.). *Patterns of distributions of amphibians: a global perspective*. Johns Hopkins University Press. Baltimore, USA. 1-30 p.
- Carey C, Bruzgul JE, Livo LJ, Walling MI, Kuehl KA, Dixon BF, et al. (2006) Experimental exposures of boreal toads (*Bufo boreas*) to a pathogenic chytrid fungus (*Batrachochytrium dendrobatidis*).. *EcoHealth* 3:5–21
- Carey, C., A. P., Pessier, and A. D. Peace. 2003. Pathogens, Infectious Disease, and Immune Defenses. *In* *Amphibian Conservation*. Smithsonian Institution 10:27-136.
- Carey, C., Bradford, D. F., Brunner, J. L., Colins, J. P., Davidson, E. W., Longcore, J. E., Ouellet, M., Pessier, A. P. & D. M. Schrock. 2003. Biotic factors in amphibian population declines. *In* Linder, G., Krest, S. K., & D. W. Sparling. *Amphibian decline: an integrated analysis of multiple stressor events*. Society of Environmental Toxicology and Chemistry. 153-208 p.
- Carey, C., Heyer, W. R., Wilkinson, J., Alford, R. A., Arntzen, J. W., Halliday, T., Hungerford, L. Lips, K. R. Middleton, E. M., Orchard, S. A. & A. S. Rand. 2001. Amphibian declines and enviromentl change: use of remote-sensing data to identify envieromental correlates. *Conservation Biology*. 15(4): 903-910.
- Chinchar, V.G. 2002. Ranaviruses (family Iridoviridae): emerging cold-blooded killers - brief review. *Arch. Virol.*, 147: 447-470.
- Daszak P, Strieby A, Cunningham AA, Longcore JE, Brown CC, Porter D (2004) Experimental evidence that the bullfrog (*Rana catesbeiana*) is a potential carrier of chytridiomycosis, an emerging fungal
- Daszak, P., Cunningham, A. A. & A. D. Hyatt. 2003. Infectious disease and amphibian population declines. *Diversity and Distributions* 9:141–150.
- Daszak, P., L. Berger, A. A. Cunningham, A. D. Hyatt, D. E. Green, and R. Speare. 1999. Emerging infectious disease and amphibian population declines. *Emerging Infectious Diseases* 5:735-748.

- Drew, A., Allen, E. J. & L. J. Allen. 2006. Analysis of climatic and geographic factors affecting the presence of chytridiomycosis in Australia. *Diseases of Aquatic Organisms* 68(3):245-250.
- Duellman W. E. 2001. *Hylid frogs of Middle America*. Volumen. 1 & 2. Society for the study of Amphibians and reptiles. St. Louis. 1159 pp.
- Duellman, W. E. 1999. Global distribution of amphibians: patterns, conservation, and future challenges. In Duellman, W. E. (ed.) *Patterns of distribution of amphibians*. The Johns Hopkins University Press. Baltimore, USA. 111-210 p.
- Eldridge, N. (1998). *Life in the Balance: Humanity and the Biodiversity Crisis*. Princeton University Press, Princeton, NJ.
- Fellers, G. M., D. E. Green y E. L. Joyce. 2001. Oral Chytridiomycosis in the Mountain Yellow-Legged Frog (*Rana muscosa*). *Copeia* 4:945-953.
- Fellers, G. M., D. E. Green y E. L. Joyce. 2001. Oral Chytridiomycosis in the Mountain Yellow-Legged Frog (*Rana muscosa*). *Copeia* 4:945-953.
- Flores, V. O. & L. Canseco. 2004. Nuevas Especies y Cambios Taxonómicos para la Herpetofauna de México. *Act. Zool. Mex.* 115-144.
- Flores, V. O. 1993. Herpetofauna Mexicana. *Carnegie Mus. Nat. Hist. Special Publ.* 17:1-73.
- Flores, V. O. 1998. Herpetofauna de México: distribución y endemismo. 1998. In Ramamoorthy, T. P., Bye, R., Lot, A. & J. Fa (comp). *Diversidad biológica de México: orígenes y distribución*. Instituto de Biología, UNAM. México. D. F. 251-278 p.
- Frías-Alvarez, P. Vredenburg, V. T., Familiar-López, F., Longcore, J., González-Bernal, E., Santos-Barrera, G., Zambrano, L. y G. Parra-Olea. 2008. Chytridiomycosis Survey in Wild and Captive Mexican Amphibians. *EcoHealth* 5, 18–26.
- Frost, D. R., Grant, T., Faivovich, J., Bain, R., Haas, A., Lio, Haddad, C., De Sa´ R., Channing, A., Wilkinson, M., Donnellan, S., Raxworthy, C., Campbell, J., Blotto, B., Moler, P., Drewes, R., Nussbaum, R., Lynch, L., Green, D. y W. C. Wheeler. 2006. The amphibian tree of life. *Bull. Am. Mus. Nat. Hist.* 297:1- 370 p.
- Frost, Darrel R. 2007. *Amphibian Species of the World: an Online Reference*. Version 5.1 (10 October, 2007). Electronic Database accessible at <http://research.amnh.org/herpetology/amphibia/index.php>. American Museum of Natural History, New York, USA
- Gantress, J., Maniero, G.D., Cohen, N. & J. Robert. 2003. Development and characterization of a model system to study amphibian immune responses to iridoviruses. *Virology*, 311, 254-262.
- Garner TWJ, Walker S, Bosch J, Hyatt AD, Cunningham AA, Fisher MC (2005) Chytrid fungus in Europe. *Emerging Infectious Diseases* 11:1639–1641
- Garner TWJ, Walker S, Bosch J, Hyatt AD, Cunningham AA, Fisher MC (2005) Chytrid fungus in Europe. *Emerging Infectious Diseases* 11:1639–1641
- Green DE, Converse KA, Schrader AK. Epizootiology of sixty-four amphibian morbidity and mortality events in the USA, 1996-2001. *Annals of the New York Academy of Science* 2002;969:323-339.

- Green, D. E., and C. K. Sherman. 2001. Diagnostic histological findings in Yosemite toads (*Bufo canorus*) from a die-off in the 1970s. *J. Herpetol.* 35: 92–103.
- Green, D. E., Converse, K.A. & A. K. Schrader 2002. Epizootiology of sixty-four amphibian morbidity and mortality events in the USA, 1996-2001. *Ann. NY Acad. Sci.*, 969: 323–339.
- Hero, J. M. & C. Morrison. 2004. Frog declines in Australia: Global implications. *Herpetological Journal* 14(4):175-186.
- Heyer, W. R., A. S. Rand, C. A. Goncalves da Cruz, y O. L. Peixoto. 1988. Decimations, Extinctions, and Colonizations of Frog Populations in Southeast, Brazil and Their Evolutionary Implications. *Biotropica* 20:230-235.
- Hyatt, A. D., Gould, A.R., Zupanovic, Z., Cunningham, A. A., Hengstberger, S., & R. J. Whittington, 2000. Comparative studies of piscine and amphibian iridoviruses. *Arch. Virol.*, 145: 301-331.
- IUCN–The World Conservation Union, 2006 IUCN Red List of Threatened Species (<http://www.redlist.org>) (2006).
- Jennings, M. R. & M. P. Hayes. 1985. Pre-1900 overharvest of the California red-legged frog (*Rana aurora draytonii*): The inducement for bullfrog (*Rana catesbeiana*) introduction. *Herpetolog.* 41:94-103.
- Johnson, P. T. J. 2006. Amphibian diversity: Decimation by disease. doi:10.1073/pnas.0600293103 2006; 103:3011-3012. Originally published online Feb 21, 2006; PNAS.
- Kats, L. B. & R. P. Ferrer, 2003. Alien predators and amphibian declines. *Diversity and Distributions* 9:99-110.
- Kiescker, J. M. 2003. Invasive Species as a Global Problem: Toward Understanding the Worldwide Decline of Amphibians. In *Amphibian Conservation*. Smithsonian Institution 9:113-126.
- Kiesecker, J. M., L. K. Belden, K. Shea and M. J. Rubbio. 2004. Amphibian decline and emerging diseases. *American Scientist* 92:138-147.
- Kirshtein, J. D., Anderson, C. W., Wood, J. S., Longcore, J. E y M. A. Voytek. 2007. Quantitative PCR detection of *Batrachochytrium dendrobatidis* DNA from sediments and water. *Dis Aquat Org.* 77: 11-15.
- Kruger, K. M., Hero, J. M. y K. J. Ashton. 2006. Cost efficiency in the detection of chytridiomycosis using PCR assay. *Dis Aquat Org.* Vol. 71: 149–154,
- LaMarca, E., K. Lips, S. Lotters, R. Puschendorf, R. Ibáñez, J. Rueda-Almonacid, R. Schulte, C. Marty, F. Castro, J. Manzanillo-Puppo, J. Garcia-Perez, F. Bolanos, G. Chavez, A. Pounds, E. Toral, and B. Young. 2005. Catastrophic population declines and extinction in neotropical harlequin frog (Bufonidae: *Atelopus*). *Biotropica* 37: 190–201.
- Lips, K. R. 1998. Decline of a tropical montane amphibian fauna. *Conserv. Biol.* 12:106-117.
- Lips, K. R. 1999. Mass mortality and populations declines of Anurans at an upland site in western Panama. *Conserv. Biol.* 13:117-125.

- Lips, K. R., Brem, F., Brenes, R., Reeve, J. D., Alford, R. A., Voyles, J., Carey, C., Livo, L., Pessier, A. P. & J. P. Collins. 2006. Emerging infectious disease and the loss of biodiversity in a Neotropical amphibian community. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 103, 3165-3170.
- Lips, K. R., D. E. Green, and R. Papendick. 2003a. Chytridiomycosis in wild frogs from southern Costa Rica. *J. Herpetol.* 37: 215–218.
- Lips, K. R., J. D. Reeve, and L. R. Witters. 2003b. Ecological traits predicting amphibian population declines in Central America. *Conserv. Biol.* 17: 1078–1088.
- Lips, K. R., J. R. Mendelson III, A. Muñoz-Alonso, L. Canseco-Márquez, & D. G. Mulcahy. 2004. Amphibian population declines in montane southern Mexico: Surveys of historical localities. *Biol. Conserv.* 119: 555–564.
- Lips, K. R., J. R. Mendelson III, A. Muñoz-Alonso, L. Canseco-Márquez, & D. G. Mulcahy. 2004. Amphibian population declines in montane southern Mexico: Surveys of historical localities. *Biol. Conserv.* 119: 555–564.
- Lizana, M. & E. M. Pedraza. 1998. The effects of UV-B radiation on toad mortality in mountainous areas of Central Spain. *Conservation Biology* 12:703-707.
- Longcore, J. E., A. P. Pessier & D. K. Nichols. 1999. *Batrachochytrium dendrobatidis* gen. et sp. nov., a chytrid pathogenic to amphibians. *Mycología*. 91:219-22.
- Longcore, J. R., Longcore, J. E., Pessier, A. P. y W. A. Halteman. 2007. Chytridiomycosis widespread in anurans of northeastern United States. *Journal of Wildlife Management* 71(2):435-444.
- McDonald KR, Mendez D, Muller R, Freeman AB, Speare R. Decline in the prevalence of chytridiomycosis in upland frog populations in North Queensland, Australia. *Pacific Conservation Biology* 2005;11(2):114-120.
- Mendelson, J. R., Brodie, E. D, Malone, J. H., Acevedo, M. E., Baker, M. A., Smatresk, N. J. & J. A. Campbell. 2004. Factors associated with the catastrophic decline of a cloudforest frog fauna in Guatemala. *Revista de Biología Tropical. International Journal of Tropical Biology* 52:991-1000.
- Morehouse, E. A., James, T. Y., Ganley, A. R. D., Vilgaly, R., Berger, L., Murphy, P. J. & J. E. Longcore. 2003. Multilocus sequence typing suggests the chytrid pathogen of amphibians is a recently emerged clone. *Molecular Ecology* 12:395-403.
- Muths, E., P. S. Corn, A. P. Pessier, & D. E. Green. 2003. Evidence for disease-related amphibian decline in Colorado. *Biol. Conserv.* 110: 357–365.
- Ouellet, M., Mikaelian, I., Pauli, B. D., Rodrigue, J. & D. M. Green. 2004. Historical evidence of widespread chytrid infection in north American amphibian populations. *Conservation Biology* 19(5): 1431-1440.
- Parra-Olea, G., Martínez-Meyer, E, & G. Pérez Ponce De León. 2005. Forecasting climate change effects on salamander distribution in the highlands of central Mexico. *Biotropica* 37: 202–208.
- Parra-Olea, G., Paris, G. M. & D. B. Wake. 1999. Status of some populations of Mexican salamanders (Amphibia: Plethodontidae). *Rev. Biol. Trop.* 47: 217–223.

Pessier A.P., Nichols, D.K., Longcore, J. E., y M. S. Fuller. 1999. Cutaneous chytridiomycosis in poison dart frogs (*Dendrobates* spp.) and White's tree frogs (*Litoria caerulea*) Journal of Veterinary Diagnostic Investigation. 11:194-199.

Pineda, E. & G. Halffter. 2004. Species diversity and habitat fragmentation: frogs in a tropical montane landscape in Mexico. Biological Conservation 117:499–508.

Pineda, E., Moreno, C., Escobar, F. & G. Halffter. 2005. Frog, Bat, and Dung Beetle Diversity in the Cloud Forest and Coffee Agroecosystems of Veracruz, Mexico. Conservation Biology, 19(2): 400-410.

Pounds AJ, Bustamante MR, Coloma LA, Consuegra JA, Fogden MPL, Foster PN, et al. (2006) Widespread amphibian extinctions from epidemic disease driven by global warming. Nature 439:161–167

Pounds, J. A., M. P. L. Fogden, & J. H. Campbell. 1999. Biological response to climate Change on a tropical mountain. *Nature* 398:611-615.

Rachowicz LJ, Knapp RA, Morgan JAT, Stice MJ, Vredenburg VT, Parker JM, Briggs CJ. Emerging infectious disease as a proximate cause of amphibian mass mortality. Ecology 2006;87(7):1671-1683.

Rachowicz, L. J., Hero, J. M., Alford, R. A., Taylor, J. W., Morgan, J. A. T., Vredenburg, V. T., Collins, J. P., & C. J. Briggs. 2005. The novel and endemic pathogen hypothesis: competing explanations for the origin of emerging infectious diseases of wildlife. Conservation Biology 19(5):1441-1448.

Reed, K. D., Ruth, G. R., Meyer, J. A. & S. k. Shukla. 2000. Chlamydia pneumoniae infection in a breeding colony of African clawed frogs (*Xenopus tropicalis*). Emerging Infectious Diseases 6:196-199.

Retallick RWR, McCallum H, Speare R (2004) Endemic infection of the amphibian chytrid fungus in a frog community postdecline. Public Library of Science Biology 2:e351

Rollins-Smith, L. A., Reinert, L. K., Miera, V., & J. M. Conlon. 2002. Antimicrobial peptide defenses of the Tarahumara frog, *Rana tarahumarae*. Biochemical and Biophysical Research Communications. 297(2):361-367.

Ron, S. R. 2005. Predicting the Distribution of the Amphibian Pathogen *Batrachochytrium dendrobatidis* in the New World. *Biotropica* 37(2):209-221.

Ron, S. R., & A. Merino-Viteri. 2000. Amphibian declines in Ecuador: Overview and first report of chytridiomycosis from South America. *Froglog* 42: 2–3.

Rowley, J. J. L., Alford, R. A., Skerratt L. F. 2006. The amphibian chytrid *Batrachochytrium dendrobatidis* occurs on freshwater shrimp in rain forest streams in northern Queensland, Australia. *Eco-Health* 3:49–52

Rzedowski, J. 1998. Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México. In Ramamoorthy, T. P., Bye, R., Lot, A. & J. Fa (comp). Diversidad biológica de México: orígenes y distribución. Instituto de Biología, UNAM. México. D. F. 129-148 p.

Sarkar, S. 1996. Ecological Theory and Anuran Declines. *BioScience* 46(3):199-207.

Savage, J. M. 2002. The amphibians and reptiles of Costa Rica: a herpetofauna between two continents, between two Seas. University of Chicago Press, Chicago. 964 pp.

- SEMARNAT. 2000. Programa de manejo de la reserva de la biosfera de pantanos de Centla, México. Instituto de Ecología. México, D.F. 222 pp.
- Skelly, D. K., Freidenburg, L. K. & J. M. Kiesecker. 2002. Ecology 83(4): 983-992.
- Skerratt, F., Berger, L., Speare, R., Cashins, S., McDonald, R., Phillott, A. D., Hines, H. y N. Kenyon. 2007. Spread of Chytridiomycosis Has Caused the Rapid Global
- Sparling, D. W. 1995. Acidic deposition: a review of biological effects. In Hoffman, D. J., Rattner, B. A., Burton, G. A. & J. Cairns, Jr. (eds.). Handbook of ecotoxicology. Lewis Publishers, Boca Raton, FL. 301-332 p.
- Stallard, R. F. 2001. Possible Environmental Factors Underlying Amphibian Decline in Eastern Puerto
- Stofer, A. 2003. Amphibian declines: future directions. Diversity and Distributions 9:151-163.
- Stuart, N. S., Chanson, J. S., Cox, N. A., Young, B. E., Rodrigues, A. S. L., Fischman, D. L. & R. W. Waller. 2004. Status and trends of amphibian declines and extinctions worldwide. Science, 3 December 2004: 306: 1783–1786.
- Vredenburg VT, Summers AP. Field identification of chytridiomycosis in *Rana muscosa* (Camp 1915). Herpetological Review 2001;32:151-152. (For better images of *R. muscosa* tadpole mouth parts see - <http://amphibiaweb.org/chytrid/index.html>)
- Weldon C, du Preez LH, Muller R, Hyatt AD, Speare R (2004) Origin of the amphibian chytrid fungus. Emerging Infectious Diseases 10:2100–2105
- Woodhams DC, Alford RA, Marantelli G (2003) Emerging disease cured by elevated body temperature. Diseases of Aquatic Organisms 55:65–66.
- Young, B. E., K. R. Lips, J. K. Reaser, R. Ibañez, A. W. Salas, J. R. Cedeño, L. A. Coloma, S. Ron, E. La Marca, J. R. Meyer, A. Muñoz, F. Bolaños, G. Chaves, & D. Romo. 2001. Population declines and priorities for amphibian conservation in Latin America. Conservation Biology 15: 1213–1223.

Apéndice 1. Lista de las especies de anfibios distribuidos en Chiapas, México. Indicando en que hábitat y ambientes se han registrado.

Especie	Altitud (msnm)	Vegetación	Clima	Región Fisiográfica	Reserva	Estatus NOM-057	Estatus IUCN
Familia Craugastoridae							
<i>Craugastor alfredi</i>	100-1000	BPE, SAP	3, 4, 5	MNte, MOte,	Maz, Pal		VU
<i>Craugastor amniscola</i>	200-1800	BE, BP, BP-E, BMM, SAP, SBC, Sm	1, 2, 3, 4, 5, 6	Alt, DC, MNte, SM	Oco, Tri, Sep, Mbe		DD
<i>Craugastor brocchi</i>	1400-1500	BP-E, BMM	1	Alt			VU
<i>Craugastor glaucus</i>	2200-2400	BE-P, BP-E	6, 7	Alt		Pr*	CR
<i>Craugastor greggi</i>	1100-2500	BP-E, BMM	2, 6, 7	SM	Tac, Tri, Sep	Pr*	CR
<i>Craugastor laticeps</i>	300-1000	BMM, SAP	3, 4	Mnte, Mote	Maz, Pal	Pr	NT
<i>Craugastor lineatus</i>	300-2400	BE-P, BP, BP-E, BMM, SAP, SBC	1, 2, 4, 5, 6	Alt, DC, Mnte, SM	Oco, Tri, Sep	Pr*	CR
<i>Craugastor matudai</i>	200-2500	BP, BP-E, BMM, SAP	2, 4, 6	SM	Sep	Pr	VU
<i>Craugastor mexicanus</i>	200-1800	BMM, SAP, Sm	2, 4, 5	DC, Mnte, SM	Oco, Tri, Sep		LC
<i>Craugastor montanus</i>	100-2300	BMM, SAP	2, 4, 6	PP, SM	Sep	Pr*	EN
<i>Craugastor palenque</i>	100-1000	BMM, SAP	3, 4	Mnte, Mote	Maz, Pal		DD
<i>Craugastor pelorus</i>	400-1700	BP, BP-E, BMM, SAP	1, 2, 3, 4, 5	Alt, Mnte			DD
<i>Craugastor pozo</i>	800-1300	SAP, Sm	4, 5	DC, Mnte	Oco		CR
<i>Craugastor pygmaeus</i>	100-2000	BMM, SAP, SBC	2, 4, 5, 6	PP, SM	Tri, Sep		VU
<i>Craugastor rhodopis</i>	100-3000	BE-P, BP, BP-E, BMM, Mng, SAP, SBC, Sm	1, 2, 3, 4, 5, 6	DC, Mnte, Mote, PG, PP, SM	Oco, Tri, Enc, Sep, Pal		VU
<i>Craugastor rostralis</i>	400-800	SAP	4, 5	DC, Mnte	Oco		NT
<i>Craugastor rugulosus</i>	100-1600	BP, BP-E, SBC, Sm	1, 5	PP, SM	Sep		LC
<i>Craugastor rupinius</i>	100-3000	BMM, SAP, SBC, Sm	2, 4, 5, 6	PP, SM	Tac, Tri, Sep		LC
<i>Craugastor stuarti</i>	800-1700	BE, BP, BP-E, BMM, SAP, Sm	1, 4, 5, 7	Alt, DC	Oco, Mbe	Pr	EN
<i>Craugastor taylori</i>	1700	BMM	4	Mnte		Pr*	DD
<i>Craugastor xucanebi</i>	1500	BMM	1	Alt			VU
Familia Eleutherodactylidae							
<i>Eleutherodactylus pipilans</i>	100-1700	BE, BE-P, BP, BP-E, BMM, SAP, SBC, Sm	1, 2, 4, 5, 6	Alt, DC, Mnte, PP, SM	Sep		LC
<i>Eleutherodactylus rubrimaculatus</i>	100-1500	BMM, SAP, SBC	2, 4, 5, 6	PP, SM	Tri		VU
Familia Bufonidae							
<i>Incillus bocourti</i>	2100-3100	BE-P, BMM, BP, BP-E	1, 2, 5, 6, 7	Alt			LC
<i>Incillus campbelli</i>	0-200	SAP	4	Mnte			NT

Espece	Altitud (msnm)	Vegetación	Clima	Región Fisiográfica	Reserva	Estatus NOM-057	Estatus IUCN
<i>Incillus canaliferus</i>	0-1500	Mng, SAP, SBC, Sm	1, 2, 4, 5	PP, SM	Tri, Sep		LC
<i>Incillus coccifer</i>	0-100	Mng, SAP	2, 5	PP, SM	Enc	Pr	LC
<i>Incillus luetkenii</i>	0-100	Sm	5	SM			LC
<i>Incillus macrocristatus</i> &	0-1900	BMM, BP, BP-E, SAP	1, 2, 3, 4, 5	Alt, DC, Mnte, MOte	Oco, Pal		VU
<i>Rhinella marina</i>	0-1900	BE, BE-P, BMM, BP, BP-E, Mng, SAP, SBC, Sm	1, 2, 3, 4, 5	Alt, DC, Mnte, MOte, PG, PP, SM	Sum, Sep		LC
<i>Incillus marmoreus</i>	0-800	BP, Mng, SAP, SBC, SBE, Sm	4, 5	DC, Mnte, PP, SM			LC
<i>Incillus perplexus</i>	0-100	Mng, Sm	4, 5	PP			EN
<i>Incillus tacanensis</i>	1500-3500	BMM	2, 6	SM	Tri, Sep		EN
<i>Incillus tutelarius</i>	600-3000	BMM, BP, BP-E, SAP, SBC, Sm	1, 2, 4, 5, 6, 7	DC, SM	Maz, Sum, Oco, Tri, Enc, Sep, Mbe, Pal		EN
<i>Incillus valliceps</i> &	0-2000	BE, BE-P, BMM, BP, BP-E, Mng, SAP, SBC, Sm	1, 2, 3, 4, 5, 6	Alt, D, Mnte, MOte, PG, PP, SM	Maz, Sum, Oco, Tri, Enc, Sep, Mbe, Pal		LC
Familia Centrolenidae							
<i>Hyalinobatrachium fleischmanni</i>	0-1700	BP, BMM, Mng, SAP	1, 2, 3, 4, 5	Alt, Mnte, Mote, PP, SM	Maz, Enc, Pal		LC
Familia Hylidae							
<i>Agalychnis callidryas</i>	0-1000	SAP	3, 4, 5	DC, MNte, MOte, PG.	Oco		LC
<i>Agalychnis moreleti</i> &	0-1100	BE, BP-E, BMM, SAP, SB, Sm	4, 5	DC, MNte, PP, SM	Sum, Oco		CR
<i>Anotheca spinosa</i>	700-1100	BP-E, SAP, Sm	4, 5	DC			NT
<i>Bromeliophyla bromeliacea</i>	1500-1700	BP-E, BMM	4	MNte:			EN
<i>Charadrahyla chaneque</i>	1600-2000	BMM	2, 3, 4	MNte.		Pr*	EN
<i>Duellmanohyla chamulae</i>	300-2200	BP, BMM, SAP	2, 3, 4	MNte.	Oco	Pr*	EN
<i>Duellmanohyla schmidtorum</i> &	500-2000	BP, BP-E, BMM, SAP, Sm	2, 4, 5, 6	SM	Maz	Pr*	VU
<i>Dendropsophus ebraccata</i> &	200-800	SAP, Sm	3, 4, 5	DC, MNte, MOte, PG	Oco, Sep		LC
<i>Dendropsophus microcephala</i>	0-1000	BP, SAP, Sm	3, 4, 5	MNte, MOte, PG			LC
<i>Dendropsophus robertmertensi</i>	0-800	BP, Mng, SAP, SB, Sm	4, 5	DC, PP, SM	Tri, Sep		LC
<i>Ecnomiophyla miotympanum</i>	1000-2000	BMM, SAP	2, 3, 5	DC, MNte	Oco		NT
<i>Exerodonta bivocata</i>	1600-1800	BMM	2	MNte.			DD
<i>Exerodonta chimalapa</i>	900-1600	BP-E	1, 5	SM			EN
<i>Exerodonta sumichrasti</i>	50-2300	BE, BP, BP-E, BMM, SAP, SB, Sm	1, 2, 3, 4, 5, 6	Alt, DC, MNte	Sum, Tri, Sep		LC
<i>Hyla walkeri</i> &	1200-2500	BE, BE-P, BP, BP-E, BMM	1, 2, 4, 6, 7	Alt, MNte	Mbe		VU
<i>Plectrohyla acanthodes</i>	1500-2500	BE-P, BP, BP-E, BMM	2, 3, 4, 6, 7	Alt, MNte		Pr*	CR
<i>Plectrohyla avia</i>	1200-2150	BMM	2, 6	SM	Tac	Pr*	CR

Especie	Altitud (msnm)	Vegetación	Clima	Región Fisiográfica	Reserva	Estatus NOM-057	Estatus IUCN
<i>Plectrohyla guatemalensis</i>	1300-2400	BP-E, BMM	2, 6	SM	Tac		CR
<i>Plectrohyla hartwegi</i>	1000-2240	BMM	6	SM	Tac, Tri, Sep	Pr*	CR
<i>Plectrohyla ixil</i> &	1400-2250	BE-P, BP, BMM	2, 3, 4, 6	MNte			CR
<i>Plectrohyla lacertosa</i> &	1000-2400	BP, BP-E, BMM, SAP	2, 4, 5, 6	SM	Tri, Sep	Pr*	EN
<i>Plectrohyla matudai</i> &	500-2400	BP, BP-E, BMM, SAP	1, 2, 4, 5, 6	SM	Tac, Tri, Sep		VU
<i>Plectrohyla pycnochila</i>	2340-2500	BE-P, BP-E	7	Alt		A*	CR
<i>Plectrohyla sagorum</i> &	1000-2900	BP, BP-E, BMM, SAP	1, 2, 4, 5, 6	SM	Tac, Tri, Sep		EN
<i>Ptychohyla euthysanota</i> &	500-2400	BP, BP-E, BMM, SAP, SB, Sm	1, 2, 4, 5, 6	SM	Tri, Sep	A	NT
<i>Ptychohyla nova</i> sp.	410	SAP	4	MNte	Oco		
<i>Ptychohyla macrotyimpanum</i>	600-1800	BE, BP, BP-E, BMM, SB, Sm	1, 2, 3, 4, 5	Alt, DC, MNte, MOte.			CR
<i>Scinax staufferi</i>	0-1700	BE-P, BP, BP-E, BMM, Mng, SAP, SB, Sm	1, 2, 3, 4, 5	TODAS	Maz, Oco, Mbe, Pal		LC
<i>Smilisca baudini</i> &	0-2300	BE, BE-P, BP, BP-E, BMM, SAP	1, 2, 3, 4, 5, 7	TODAS	Maz, Sum, Oco, Tri, Enc, Sep, Mbe, Pal		LC
<i>Smilisca cyanosticta</i>	200-1800	BE, BE-P, BP, BP-E, SAP, SB, Sm	1, 2, 3, 4, 5	Alt, DC, MNte, MOte.	Maz, Sum, Oco		NT
<i>Tlalocohyla loquax</i> &	0-1600	BP-E, BMM, SAP, Sm	1, 2, 3, 4, 5	Alt, DC, MNte, MOte, PG, SM	Maz, Oco, Mbe		LC
<i>Tlalocohyla picta</i>	0-1700	BP, BMM, SAP	3, 4, 5	MNte, MOte	Maz		LC
<i>Trachycephalus venulosa</i>	0-1000	BMM, Mng, SAP, SB, Sm	2, 3, 4, 5	MNte, MOte, PG, PP, SM			LC
Familia Leiuperidae							
<i>Engystomops pustulosus</i>	0.9	Mng, SAP, SBC, Sm	4, 5	PP, SM			CR
Familia Leptodactylidae							
<i>Leptodactylus fragilis</i>	0-1600	BE-P, BP, BP-E, BMM, Mng, SAP, SBC, Sm	1, 2, 3, 4, 5, 6	Alt, DC, Mnte, Mote, PG, PP, SM	Maz, Enc, Sep, Pal		LC
<i>Leptodactylus melanonotus</i>	0-1800	BE, BE-P, BP, BP-E, BMM, Mng, SAP, SBC, Sm	1, 2, 3, 4, 5	Alt, DC, Mnte, MOte, PG, PP, SM	Maz, Oco, Tri, Enc, Sep		LC
Familia Microhylidae							
<i>Gastrophryne elegans</i>	0-1000	SAP	1, 3, 4	DC, Mnte, MOte	Oco	Pr	LC
<i>Gastrophryne usta</i>	0-700	BE-P, BMM, Mng, SAP, SBC, Sm	1, 4, 5, 7	DC, PP, SM	Enc, Sep	Pr	LC
<i>Hypopachus barberi</i> &	1500-3000	BE, BE-P, BMM, BP, BP-E	1, 5, 7	Alt, Mnte			VU
<i>Hypopachus variolosus</i>	0-1800	BE, BE-P, BMM, BP, BP-E, Mng, SAP, SBC, Sm	1, 2, 3, 4, 5, 6	Alt, DC, Mnte, MOte, PG, PP, SM	Oco, Sep		LC

Espece	Altitud (msnm)	Vegetación	Clima	Región Fisiográfica	Reserva	Estatus NOM-057	Estatus IUCN
Familia Ranidae							
<i>Lithobates berlandieri</i> &	0-2700	BE, BE-P, BP, BP-E, BMM, SAP, SBC, Sm	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	Alt, DC, Mnte, Mote, PP, SM	Maz, Oco, Tri, Sep, Mbe	Pr	LC
<i>Lithobates brownorum</i>	0-900	SAP, Sm	2, 3	Mnte, PG		Pr*	LC
<i>Lithobates forreri</i>	0-1500	Mng, SAP, Sm	4, 5, 6	PP, SM	Sep	Pr	LC
<i>Lithobates maculatus</i> &	0-1900	BE, BE-P, BP, BP-E, BMM, SAP, SBC, Sm	1, 2, 3, 4, 5, 6	Alt, Mnte, Mote, PP, SM	Maz, Sum, Oco, Tri, Sep		LC
<i>Lithobates vaillanti</i>	0-1200	BE, BP, BP-E, BMM, SAP, SBC, Sm	1, 2, 3, 4, 5	Alt, DC, Mnte, Mote, PP, SM	Maz, Oco, Sep		LC
Familia Rhinophrynidae							
<i>Rhinophrynus dorsalis</i>	100-700	Mng, SAP, SBC, Sm	4, 5	Mote, PP, SM	Maz		LC
Familia Plethodontidae							
<i>Bolitoglossa alberchi</i>	200-1100	SAP	4, 5	DC, Mnte	Oco		LC
<i>Bolitoglossa engelhardti</i>	1500-2400	BP, BMM, SBC	2, 6	SM	Tac	Pr	EN
<i>Bolitoglossa flavimembris</i>	1500-2500	BMM	2, 6	SM	Tac	Pr	EN
<i>Bolitoglossa flaviventris</i>	0-1500	BMM, Mng, SAP, Sm	4, 5, 6	DC, PP, SM	Enc		NT
<i>Bolitoglossa franklini</i>	1500-3200	BP, BP-E, BMM, SAP, SBC	2, 4, 5, 6	SM	Tac, Tri, Sep	Pr*	EN
<i>Bolitoglossa hartwegi</i>	1700-3000	BE-P, BP, BP-E, BMM	1, 5, 6	Alt, Mnte	Mbe		NT
<i>Bolitoglossa lincolni</i> &	1700-2900	BE, BE-P, BP, BP-E, BMM	1, 6, 7	Alt			NT
<i>Bolitoglossa mexicana</i>	0-2300	BP, BP-E, BMM, SAP, SBC, Sm	1, 2, 3, 4, 5	Alt, DC, Mnte, Mote	Maz, Oco, Pal	Pr	LC
<i>Bolitoglossa mulleri</i>	200	SAP	4	Mote			VU
<i>Bolitoglossa nova</i> sp	800-1900	BP, BMM, SAP	2, 4	Mnte			
<i>Bolitoglossa occidentalis</i>	0-2000	BE, BE-P, BP, BP-E, BMM, SAP, SBC, Sm	1, 2, 4, 5, 6	Alt, DC, Mnte, PP, SM	Sum, Oco, Tri, Sep	Pr	LC
<i>Bolitoglossa odonnelli</i>	1500	BP-E	1	Mnte			EN
<i>Bolitoglossa platyductyla</i>	500	SAP	4	Mnte	Oco	Pr*	NT
<i>Bolitoglossa rostrata</i>	100-3100	BE-P, BP, BP-E, BMM	1, 6, 7	Alt, Mnte		Pr	VU
<i>Bolitoglossa rufescens</i> &	0-1800	BE-P, BP, BP-E, BMM, SAP	1, 2, 3, 4, 5	Alt, DC, MNte, MOte, PG, SM	Sum, Oco, Tri, Mbe	Pr	LC
<i>Bolitoglossa stuarti</i>	1500-2400	BE, BP-E, BMM	1, 7	Alt	Mbe	A	EN
<i>Cryptotriton alvarezdeltoroi</i>	1500-2000	BP, BMM	1, 2, 3	Mnte		Pr*	EN
<i>Dendrotriton megarhinus</i> &	2100-2600	BMM	6	SM	Sep	Pr*	VU
<i>Dendrotriton xolocalcae</i> &	1000-2400	BMM	2, 4	SM		Pr*	VU
<i>Ixalotriton niger</i>	1100-1200	BP-E, SBC, Sm	5	DC		P*	CR
<i>Ixalotriton parvus</i>	1600-1800	BP-E	1	SM		A*	CR
<i>Nyctanolis pernix</i>	1400	BMM	1	Alt	Mbe	Pr	EN
<i>Oedipinola elongata</i>	700	SAP	3, 4	Mote		Pr	LC
<i>Pseudoeurycea brunnata</i>	1200-2600	BP, BMM,	2, 4, 6	SM		Pr	EN

Especie	Altitud (msnm)	Vegetación	Clima	Región Fisiográfica	Reserva	Estatus NOM-057	Estatus IUCN
		SAP					
<i>Pseudoeurycea goebeli</i>	1500-300	BMM	6	Sm		A	EN
<i>Pseudoeurycea rex</i>	2900-4200	BMM	6	SM		Pr	LC
Familia Caeciliidae							
<i>Dermophis mexicanus</i>	0-1100	BMM, Mng, SAP, SBC, Sm	2, 3, 4, 5,	DC, Mnte, PG, PP, SM	Oco, Tri, Sep	Pr*	LC
<i>Dermophis oxacae</i>	0-900	BMM, SAP, Sm	4, 5	PP, SM		Pr*	DD

CLIMAS: 1: (AC; 2: A(C; 3: Af(m; 4: Am; 5: Aw; 6: C(m; 7: C(w). **VEGETACIÓN:** BE: Bosque de Encino; BE-P: Bosque de Encino-Pino; BP: Bosque de Pino; BP-E: Bosque de Pino-Encino; BMM: Bosque Mesófilo de Montaña; Mng: Manglar; SAP: Selva Alta Perennifolia; SBC: Selva Baja Caducifolia; Sm: Selva Mediana. **REG. FIS:** Alt: Altiplano, DC: Depresión Central, Mnte: Montañas del Norte, Mote: Montañas de Oriente, PG: Planicie del Golfo, PP: Planicie del Pacífico, SM: Sierra Madre. **RESERVA:** Tac: Reserva de la Biosfera El Tacana, Tri: Reserva de la Biosfera El Triunfo, Sep: Reserva de la Biosfera La Sepultura, Oco: Reserva de la Biosfera El Ocote, Maz: Reserva de la Biosfera de Montes Azules, Enc: Reserva de la Biosfera La Encrucijada, Sum: Parque Nacional Cañón del Sumidero, Mbe: Parque Nacional Lagos de Montebello, Pal: Parque Nacional Palenque. **ESTATUS:** P: En peligro de extinción, A: Amenazada, Pr: Protección especial, *: Endémica. **ENFERMEDADES:** &: Especie infectada por quitridiomycosis. **Estatus IUCN:** LC: Sin problemas, DD: datos deficientes, VU: Vulnerable, NT: casi amenazados, EN: En Peligro, CR: Críticamente amenazados: